

DOI: 10.26693/jmbs03.03.093

УДК 616:831-519.24

Масалітін І. М.¹, Кочина М. Л.², Фірсоев О. Г.³

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУ ПЕРЕБІГУ ТА РЕЗУЛЬТАТУ ВАЖКОЇ ІЗОЛЬОВАНОЇ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВОЇ ТРАВМИ

¹Харківський національний медичний університет, Україна²Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна³ООО "АСТЕР-АЙТІ", Харків, Україна

kochinaml@gmail.com

Мета дослідження – розробка моделі прогнозу перебігу та результату важкої ізолюваної черепно-мозкової травми з використанням нечіткої логіки.

Для синтезу прогнозової моделі використані результати обстеження 155 пацієнтів з важкою ізолюваною черепно-мозковою травмою, з яких 126 пацієнтів було зі сприятливим і 29 - з летальним результатом захворювання.

Для побудови моделей прогнозу перебігу та результату важкої ізолюваної черепно-мозкової травми з використанням нечіткої логіки найбільш інформативними виявилися: локалізація патологічного субстрату, значення показників шкали коми Глазго та шкали DRS, показників вітальних функцій (частота серцевих скорочень та дихальних рухів). Розроблена модель прогнозу базується на двоетапному алгоритмі. На першому етапі хворі розподіляються на кластери за показниками локалізації патологічного субстрату, а на другому - прогнозується результат захворювання з використанням показників шкал та вітальних функцій.

Ключові слова: черепно-мозкова травма, модель прогнозу, нечітка логіка.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у рамках НДР «Обґрунтування комплексного лікування хворих на нейродегенеративні захворювання, наслідки черепно-мозкової і спинномозкової травм, церебральних та спінальних інсультів шляхом застосування аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин і традиційних методів» (2012-2016), яка виконувалася на кафедрі нейрохірургії Харківського національного медичного університету, № держ. реєстрації 0112U001820.

Вступ. Одним з видів травм (30-50% усіх травматичних ушкоджень), що найчастіше зустрічаються нині, є черепно-мозкова травма (ЧМТ), яка займає перше місце в структурі нейрохірургічної патології [8, 30, 31]. За даними ВООЗ кількість ЧМТ щорічно зростає не менше ніж на 2%. Крім того,

останніми роками відмічається важчий перебіг самих травм, що у багатьох випадках призводить до загибелі пацієнтів або їх глибокої інвалідизації [7, 9, 20, 21]. ЧМТ є головною причиною смерті та інвалідності людей у віці до 45 років та випереджає пухлинні і судинні захворювання. Потерпілими, як правило, стають особи молодого працездатного віку, при цьому майже третина з них залишається інвалідами. Окрім того, ЧМТ займає одно з провідних місць в структурі летальності, що становить від 40% до 55% від усіх травматичних ушкоджень [13, 18, 23, 24, 26].

Одним з найважливіших завдань, які доводиться вирішувати при організації та проведенні лікування потерпілих з ЧМТ, є прогнозування перебігу та результату травматичної хвороби головного мозку. Правильний та своєчасний прогноз при ЧМТ дозволяє вибрати оптимальну тактику ведення хворого, за потреби провести її корекцію та оцінити ефективність.

В теперішній час існує певна кількість різних моделей прогнозу перебігу та результату ЧМТ залежно від ступеня її тяжкості і наявності супутніх чинників [1, 4-6, 11, 16].

Разом з традиційними методами, ґрунтованими на особистому досвіді і інтуїції лікаря або на експертних оцінках фахівців, створені моделі прогнозу перебігу та результату ЧМТ, в яких використовуються різні математичні підходи [1, 2, 28, 29]. Успішність використання таких підходів до створення моделей прогнозу результатів ЧМТ в гострому періоді, а також залишкових явищ і віддалених наслідків залежить від вибору системи ознак, по яких будується рішення та використаного для цього алгоритму. Отримані результати мають бути інформативними, мати однозначне тлумачення і можливість застосування в клінічній практиці, не лише у великих лікувальних установах, але і на рівні ЦРБ [9, 11, 14].

Певна частина запропонованих способів прогнозування результатів ЧМТ призначена для групового прогнозу [14, 17].

Способи індивідуального прогнозу, у більшості випадків, потребують проведення додаткових обстежень, побудовані з використанням великої кількості клініко-неврологічних та лабораторних показників. Найбільш поширеними підходами до побудови моделей прогнозу є лінійні підходи, з використанням рівнянь регресії і дискримінантного аналізу [1-3, 5, 14]. У ручному режимі використання способів індивідуального прогнозу потребує трудомістких розрахунків та часу на їх проведення, що утрудняє застосування в реальній лікарській практиці.

Недоліки лінійних підходів до створення прогнозних моделей полягають в тому, що при ЧМТ організм потерпілого знаходиться в стані дерегуляції, інтоксикації та стресу, і ці стани не є лінійними. Для побудови прогнозних моделей в екстремальних ситуаціях, до яких відноситься ЧМТ, більше придатні нелінійні методи та нечітка логіка. У доступній літературі нами виявлені окремі роботи, в яких для вирішення завдань прогнозування результатів ЧМТ використані нейронні мережі і методи нечіткої логіки [2, 3, 16, 17, 28, 29], які можуть дати нову інформацію щодо лікування травматичних ушкоджень мозку.

Крім того, велике значення для практичного застосування моделей прогнозу перебігу та результату ЧМТ мають показники, які використані для цих цілей. Якщо прогноз будується на нових або додаткових показниках, які не є стандартними та не входять в протокол ведення хворого з ЧМТ, то їх використання буде ускладнено, оскільки це потребує спеціального обладнання, додаткового фінансування лікувально-діагностичного процесу державним коштом або родичами потерпілого.

На нашу думку найбільш цінним є прогноз, побудований на традиційних показниках, які визначаються у кожного пацієнта при госпіталізації відповідно стандартам. Виявлення найбільш інформативних загально прийнятих показників, які можуть бути використані при побудові прогнозу перебігу і результату ЧМТ, дозволить у короткий термін передбачити можливі ускладнення захворювання та своєчасно провести відповідну корекцію лікування.

Таким чином, значна поширеність, висока летальність та інвалідизація, велика кількість безповоротних неврологічних і психічних порушень у пацієнтів з ЧМТ робить актуальною визначення критеріїв та розробку моделей прогнозування перебігу та результату даної патології, що служитиме основою для оптимізації лікувальних і профілактичних заходів.

Мета дослідження – розробка моделі прогнозу перебігу та результату важкої ізольованої черепно-мозкової травми з використанням нечіткої логіки.

Об'єкт та методи дослідження. В якості початкових даних для синтезу прогнозної моделі використані результати обстеження 155 пацієнтів з важкою ізольованою ЧМТ (ВЧМТ), з яких 126 пацієнтів було зі сприятливим і 29 - з летальним результатом захворювання. Усі пацієнти знаходилися на лікуванні в нейрохірургічному відділенні Харківської обласної клінічної лікарні в різні роки (2010-2015 рр.).

При госпіталізації, через 72 години після госпіталізації та при завершенні лікування усім хворим було виконано розгорнуті клінічні і біохімічні дослідження крові, визначалися показники серцево-судинної (частота серцевих скорочень – ЧСС, артеріальний тиск – АТ систолічний та диастолічний) і дихальної (частота дихальних рухів - ЧДР) системи. Усім пацієнтам проводилася комп'ютерна томографія (КТ) головного мозку з визначенням об'єму патологічного субстрату та його локалізації, а також наявності зміщення серединних структур мозку.

Оцінка стану пацієнтів при госпіталізації, в динаміці лікування та при завершенні лікування у стаціонарі здійснювалася за допомогою шкал: шкали коми Глазго (ШКГ) та шкали оцінки працездатності Disability Rating Scale (DRS).

Обробка результатів досліджень проведена з використанням описової статистики та непараметричних критеріїв. Для побудови моделі прогнозу було використано нечітку логіку [22].

При використанні кластеризації за алгоритмом нечітких с-середніх виникає необхідність заздалегідь знати кількість кластерів, на які можуть бути розділені показники хворих. Пошук оптимального числа кластерів (за критерієм мінімуму помилки прогнозу) здійснювався методом послідовного перебору з одночасним синтезом нечітких моделей прогнозу для кожного відособленого кластера. Для створення моделі прогнозу клінічного результату ВЧМТ було використано систему нечіткого виведення [22].

Під час вирішення завдань попереднього аналізу даних і синтезу моделей прогнозу використовувався пакет програм системи комп'ютерної алгебри Scilab [32] з пакетом розширення sciFLT [27]. Пакет Scilab розроблений співробітниками французького Національного інституту інформатики і автоматизації (INRIA) і поширюється безкоштовно за вільною ліцензією CeCILL.

Результати дослідження та їх обговорення. При побудові моделі прогнозу розглядалися наступні показники пацієнтів: стать, вік, терміни з моменту отримання травми до госпіталізації, до операції, перебування у реанімації, загальний час лікування у стаціонарі, показники ШКГ та шкали DRS,

результати лабораторних досліджень, а також дані про тип субстрату, його розмір та локалізацію, отримані за допомогою КТ.

Для зменшення розмірності вхідних даних було проведено оцінку впливу досліджуваних показників на результат захворювання за допомогою статистичних критеріїв порівняння двох незалежних вибірок. Для оцінки значущості впливу номінальних показників (тип патологічного субстрату та його локалізація) на клінічні результати ВЧМТ використовувався критерій χ^2 Пірсона [15, 19], а інтервальних (інші показники) критерії Манна-Уїтні (M-W Z) та Вальда-Вольфовіця (W-W Z) [10]. Усі обчислення проводилися при довірчій вірогідності 95%.

Дані про тип патологічного субстрату та його локалізацію було представлено у вигляді якісних характеристик, оцінювання впливу яких на результат ВЧМТ з використанням статистичних критеріїв дозволило виявити найбільш значимі та скоротити розмірність початкових даних (табл. 1).

Значимі кількісні показники стану пацієнтів приведені в табл. 2.

Рішення задачі прогнозування результату ВЧМТ було виконане за схемою, приведеною на рис. 1. На підставі експертної думки про те, що на результат ВЧМТ істотно впливає характеристика ушкодження мозку, пацієнти були розділені на групи, в яких мали місце найбільш схожі внутрішньо-

Таблиця 1 – Зв'язок характеристик локалізації патологічного субстрату з результатом ВЧМТ

Показник	Обчислене значення критерія c_2 та рівня його значимості (p) для результату ВЧМТ
Локалізація субстрату	
Лобова доля*	$c_2 = 35,8595, p = 0,00000 \ll 0,05$
Скронева доля*	$c_2 = 15,5985, p = 0,00008 \ll 0,05$
Задньочерепна ямка*	$c_2 = 21,9621, p = 0,00000 \ll 0,05$
Потилична доля*	$c_2 = 15,6895, p = 0,00008 \ll 0,05$

Примітка: * – зв'язок з результатом ВЧМТ статистично значимий.

Таблиця 2 – Зв'язок кількісних характеристик стану пацієнтів з результатом ВЧМТ

Показник	Значення критеріїв	
	M-W Z, p	W-W Z, p
ШКГ *	M-W Z = 6,974, p = 0,00000 < 0,05	W-W Z = -3,797, p = 0,00014 < 0,05
DRS *	M-W Z = -7,395, p = 0,00000 < 0,05	W-W Z = -5,996, p = 0,00000 < 0,05
ЧСС *	M-W Z = -4,758, p = 0,00002 < 0,05	W-W Z = -3,640, p = 0,00027 < 0,05
ЧДР *	M-W Z = -2,393, p = 0,01668 < 0,05	W-W Z = -2,383, p = 0,01718 < 0,05

Примітка: * – зв'язок показника з результатом ВЧМТ статистично значимий.



Рис. 1. Схема синтезу моделі прогнозу

мозкові процеси. Угрупування пацієнтів проводилося за показниками локалізації вогнища ушкодження (лобова доля, скронева доля, задньочерепна ямка, потилична доля) (табл. 1) з використанням методу нечіткої кластеризації за алгоритмом нечітких с-середніх [12]. Попередній аналіз даних показав, що деякі пацієнти мали множинні вогнища ушкодження головного мозку, кількість можливих поєднань яких дорівнювала шістнадцяти. Використання методу кластеризації дозволило розділити хворих на підгрупи, в яких характеристики ушкодження головного мозку найбільш схожі. З досліджуваної групи хворих було виключено хворих, в яких значення показника ШКГ були менші 5 або більші 13. У першому випадку у всіх хворих результат ВЧМТ був фатальний, у другому – сприятливий.

В результаті роботи алгоритму нечіткої кластеризації було визначено ступень приналежності показників кожного хворого з ВЧМТ, з урахуванням локалізації вогнищ ушкодження, до відповідного кластера та умовний номер (індекс) кластера, до якого він належить.

Відповідно наведеній схемі (рис. 1) було розроблено нечітку модель, яка складається з 6-ти нечітких логічних рівнянь, 6-ти функцій приналежності нечітких правил апроксимованих функцією Гауса та 6-ти лінійних функції у виведеннях нечітких правил. Правила бази знань моделі відповідають системі нечітких логічних рівнянь:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Кластер локалізації}}^1(X) &= \mu_{\text{Лд}}^1(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Вд}}^1(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^1(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^1(x_{\text{Гд}}), \\ \mu_{\text{Кластер локалізації}}^2(X) &= \mu_{\text{Лд}}^2(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Сд}}^2(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^2(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^2(x_{\text{Гд}}), \\ \mu_{\text{Кластер локалізації}}^3(X) &= \mu_{\text{Лд}}^3(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Сд}}^3(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^3(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^3(x_{\text{Гд}}), \\ \mu_{\text{Кластер локалізації}}^4(X) &= \mu_{\text{Лд}}^4(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Сд}}^4(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^4(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^4(x_{\text{Гд}}), \\ \mu_{\text{Кластер локалізації}}^5(X) &= \mu_{\text{Лд}}^5(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Сд}}^5(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^5(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^5(x_{\text{Гд}}), \\ \mu_{\text{Кластер локалізації}}^6(X) &= \mu_{\text{Лд}}^6(x_{\text{Лд}}) \wedge \mu_{\text{Сд}}^6(x_{\text{Сд}}) \wedge \\ &\wedge \mu_{\text{Зчя}}^6(x_{\text{Зчя}}) \wedge \mu_{\text{Гд}}^6(x_{\text{Гд}}) \end{aligned}$$

де $\mu_{\text{Кластер локалізації}}^n(X)$ – ступень виконання правил нечіткої бази знань для вхідного вектору показників $X = \{x_{\text{Лд}}, x_{\text{Сд}}, x_{\text{Зчя}}, x_{\text{Гд}}\}$; $\mu_{\text{Лд}}^n(x_{\text{Лд}})$, $\mu_{\text{Сд}}^n(x_{\text{Сд}})$, $\mu_{\text{Зчя}}^n(x_{\text{Зчя}})$, $\mu_{\text{Гд}}^n(x_{\text{Гд}})$ – функції приналежності показника стану пацієнта нечіткому терму бази знань.

В результаті роботи алгоритму кластеризації було визначено значення ступеня приналежності конкретного хворого до відповідного кластеру в залежності від місця ушкодження мозку (локалізації вогнищ). З урахуванням цього визначався умовний номер (індекс) кластера, до якого віднесено кожен набір показників хворого. Результати розподілу хворих було проаналізовано експертом-аналітиком з метою виключення можливих помилок.

Визначення індексу кластера локалізації ушкодження мозку (умовного номера групи) нового пацієнта, який не входив в навчальну вибірку, використовується розроблена нечітка модель локалізації субстрату.

Синтез моделей прогнозу результату ВЧМТ виконувався за задалегідь відібраними значимими показниками стану пацієнтів (табл. 2), згрупованими в навчальну вибірку, з урахуванням визначеного індексу кластера локалізації. Для кожної групи хворих синтезована своя нечітка модель.

При використанні методу кластеризації за алгоритмом нечітких с-середніх виникає необхідність задалегідь знати кількість кластерів, на які буде поділено набори показників хворих на ВЧМТ. Пошук оптимального числа кластерів (за критерієм мінімуму помилки прогнозу) було здійснено методом послідовного перебору з одночасним синтезом нечітких моделей прогнозу для кожного відособленого кластера. У табл. 3 наведено оцінку результатів прогнозу з використанням нечітких моделей для різної кількості кластерів (від 2 до 5). При розподілі всіх хворих на ВЧМТ на два кластери було виявлено 20 помилкових рішень, коли хворі зі сприятливим результатом захворювання були віднесені до померлих (9 випадків – 1 випадок в першому кластері та 8 – у другому) та у 11 випадків померлі хворі були віднесені до живих. При розподілі вхідних даних на три кластери було виявлено 12 помилкових рішень, на чотири – 6, на п'ять – помилок не було.

Таблиця 3 – Зв'язок кількості кластерів та помилок прогнозу результату ВЧМТ

Умовний індекс кластеру	Кількість помилок прогнозу, ПП/ПН			
	2 кластери	3 кластери	4 кластери	5 кластерів
1	1/1	0/0	0/0	0/0
2	8/10	1/0	1/2	0/0
3	-	5/6	2/1	*/*
4	-	-	*/*	0/0
5	-	-	-	0/0

Примітки: * – в кластері відсутні пацієнти з летальним результатом захворювання; ПП – псевдопозитивний прогноз, ПН – псевдонегативний прогноз.

Як видно з **табл. 3**, мінімум помилок виникає під час використання набору з 5-ти кластерів, причому для всіх пацієнтів, які попадуть в кластер з індексом 3 результат ВЧМТ буде сприятливим.

За даними повчальних вибірок хворих з ВЧМТ були отримані 4 нечітких моделі (оскільки в кластері локалізації №3 відсутні пацієнти з летальним результатом), що складаються з 6-ти нечітких логічних рівнянь, 6-ти функцій приналежності нечітких правил (що оцінюють відповідну вхідну змінну) апроксимовану функцією Гауса і 6-ти лінійних функцій у виведеннях нечітких правил, для прогнозу результату ВЧМТ. Правила бази знань моделі відповідають системі нечітких логічних рівнянь :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^1(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^1(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^1(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^1(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^1(x_{\text{ЧДР}}), \\ \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^2(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^2(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^2(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^2(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^2(x_{\text{ЧДР}}), \\ \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^3(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^3(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^3(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^3(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^3(x_{\text{ЧДР}}), \\ \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^4(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^4(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^4(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^4(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^4(x_{\text{ЧДР}}), \\ \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^5(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^5(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^5(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^5(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^5(x_{\text{ЧДР}}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^6(X) &= \mu_{\text{ШКГ}}^6(x_{\text{ШКГ}}) \wedge \mu_{\text{DRS}}^6(x_{\text{DRS}}) \wedge \\ &\quad \wedge \mu_{\text{ЧСС}}^6(x_{\text{ЧСС}}) \wedge \mu_{\text{ЧДР}}^6(x_{\text{ЧДР}}), \end{aligned}$$

де $\mu_{\text{Результат ВЧМТ}}^n(X)$ – ступень виконання правил нечіткої бази знань для вхідного вектора показників $X = \{x_{\text{ШКГ}}, x_{\text{DRS}}, x_{\text{ЧСС}}, x_{\text{ЧДР}}\}$; $\mu_{\text{ШКГ}}^n(x_{\text{ШКГ}}), \mu_{\text{DRS}}^n(x_{\text{DRS}}), \mu_{\text{ЧСС}}^n(x_{\text{ЧСС}}), \mu_{\text{ЧДР}}^n(x_{\text{ЧДР}})$ – функції приналежності показника стану пацієнта нечіткому терму бази знань.

Процес прогнозування результату ВЧМТ з використанням розроблених моделей наведено на схемі (**рис. 2**).

Розроблені моделі прогнозу результату ВЧМТ працюють наступним чином. Після обстеження хворого відповідно до стандарту та визначення місця локалізації патологічного субстрату з використанням моделі обчислюється індекс кластера локалізації. Якщо пацієнт в результаті кластеризації відноситься до кластеру за №3 відразу прогнозується сприятливий результат захворювання. Якщо пацієнт відноситься до іншого кластеру з групи моделей прогнозу результатів ВЧМТ вибирається відповідна модель і з використанням показників ШКГ, DRS, ЧСС і ЧДР обчислюється результат захворювання (сприятливий або летальний). Якщо у хворого прогнозується летальний результат

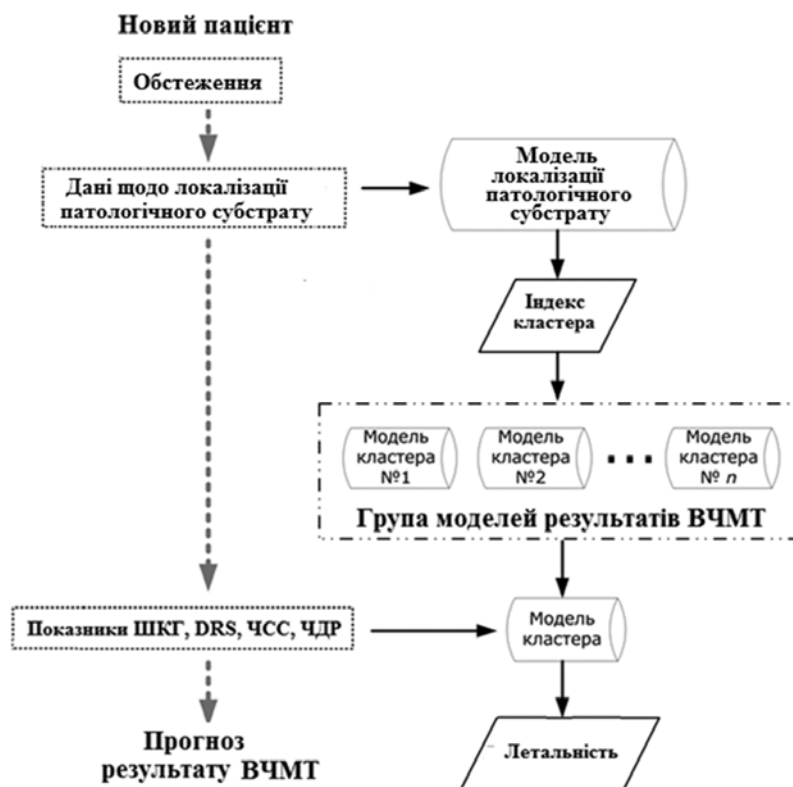


Рис. 2. Схема прогнозування результату ВЧМТ

ВЧМТ, то обирається відповідна тактика його ведення з використанням додаткових методів лікування, що дасть можливість покращити результат.

Таким чином, прогнозування результату ВЧМТ у хворого виконується у два етапи. На першому етапі відповідно локалізації патологічного субстрату з використанням розробленої моделі хворий відноситься до певного кластеру та визначається індекс цього кластеру. Якщо хворий попадає у третій кластер, то відразу прогнозується сприятливий результат захворювання. В іншому випадку з використанням моделей результатів захворювання, розроблених окремо для кожного кластеру, визначається індивідуальний прогноз хворого (сприятливий або фатальний).

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Для практичного застосування моделей прогнозу перебігу та результату ВЧМТ важливу роль грають показники хворих, які використовуються для прогнозування. Найбільш цінним є прогноз, побудований на традиційних показниках, які визначаються у кожного хворого з ЧМТ під час госпіталізації відповідно стандарту діагностики та лікування.
2. Для побудови моделей прогнозу перебігу та результату ВЧМТ найбільш інформативними виявилися: локалізація патологічного субстрату, значення показників Шкали Коми Глазго та Шкали DRS, показників вітальних функцій (частота серцевих скорочень та дихальних рухів).
3. Розроблена модель прогнозу перебігу та результату ВЧМТ базується на двоетапному алгоритмі. На першому етапі хворі розподіляються на кластери за показниками локалізації патологічного субстрату, а на другому - прогнозується результат захворювання з використанням показників шкал та вітальних функцій.

Перспективою подальших досліджень є аналіз клінічних результатів використання розробленої моделі прогнозування перебігу та результату важкої черепно-мозкової травми.

References

1. Dzyak LA, Zozulya OA. Poetapnaya model prognoza iskhodov tyazhelyoy cherepno-mozgovoy travmy. *Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy*. 2016; 4: 79-83. [Russian]
2. Elskiy VN, Zyablitsev SV, Pishchulina SV, Kishenya MS, Kolesnikova SV. Ispolzovanie matematicheskikh metodov modelirovaniya v issledovanii patogeneza travmaticheskoy bolezni. *Patologiya*. 2008; 5 (3): 35. [Russian]
3. Elskiy VN, Zyablitsev SV. *Modelirovanie cherepno-mozgovoy travmy*. Donetsk: Izd-vo «Novyy mir», 2008. 140 s. [Russian]
4. Zhitinkina NV. *Tyazhelaya cherepno-mozgovaya travma u detey (optimizatsiya intensivnoy terapii, prognozirovanie iskhodov)*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk, Abstr. PhD. (Med.). Ekaterinburg; 2006. 17 s. [Russian]
5. Zozulya OO. *Prognostichni kriteriyi perebigu ta vikhodiv tyazhkoyi cherepno-mozkovoyi travmi (kliniko-biokhimichne doslidzhennya)*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk, Abstr. PhD. (Med.). Kharkiv; 2005. 21 s. [Ukrainian]
6. Klimash AV. *Sovershenstvovanie sistemy diagnostiki, lecheniya i prognozirovaniya iskhodov u bolnykh s tyazhelyoy cherepno-mozgovoy travmoy (kliniko-eksperimentalnoe issledovanie)*: avtoref. dis. ... doktora med. nauk, Abstr. Dr. Sci. (Med.). Sankt-Peterburg; 2011. 44 s. [Russian]
7. *Klinicheskaya nevrologiya s osnovami mediko-sotsialnoy ekspertizy*. [ruk-vo dlya vrachey]. Ed AYu Ma-karov. SPb, 1998. 602 s. [Russian]
8. Pedachenko EG, Semisalov SYa, Elskiy VN, Kardash AM. *Klinicheskaya epidemiologiya cherepno-mozgovoy travmy*. Donetsk: Apeks, 2002. 156 s. [Russian]
9. Kononov AN, Likhтерman LB, Potapov AA, i dr. *Klinicheskoe rukovodstvo po cherepno-mozgovoy trav-me*. M: Antidor, 2002. Vol 1: 550 s. [Russian]
10. Kobzar AI. *Prikladnaya matematicheskaya statistika*. Moskva: Fizmatlit, 2006. 816 s. [Russian]
11. Kuzminov SU. *Prognozirovanie iskhoda khirurgicheskogo lecheniya tyazhelyoy izolirovannoy i sochetannoy cherepno-mozgovoy travmy*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk, Abstr. PhD. (Med.). Ryazan; 2003. 17 s. [Russian]
12. Leonenkov AV. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH./BKhV-Peterburg*. SPb; 2005. 736 s. [Russian]
13. Lekhan VM, Guk AP. Osoblivosti epidemiologii cherepno-mozgovoyi travmi v Ukraini. *Ukrayina. Zdorov'ya natsiyi*. 2010; 2 (14): 7-14. [Ukrainian]
14. Likhтерman LB, Kornienko VN, Potapov AA. *Cherepno-mozgovaya travma: prognoz techeniya i iskhodov*. M: Kniga, 1992. 320 s. [Russian]
15. Runion RP. *Spravochnik po neparametricheskoy statistike: sovremennyy podkhod*. Per. s angl. EZ Demidenko. Moskva: Finansy i statistika, 1982. 198 s. [Russian]
16. Semenov AV. Dogospitalnaya diagnostika i prognozirovanie iskhodov sochetannoy cherepno-mozgovoy travmy. *Neyrokhirurgiya*. 2007; 56-9. [Russian]
17. Semisalov SYa. Matematicheskoe modelirovanie razvitiya ostrogo cherepno-mozgovogo travmatizma gorodskogo naseleniya s pomoshchyu iskusstvennogo neyrosetevogo programmirovaniya. *Ukrayinskiy neyrokhirurgichniy zhurnal*. 2001; 4: 108-11. [Russian]

18. Sumin SA. *Neotlozhnye sostoyaniya*. M: Izd-vo MIA, 2010. 960 s. [Russian]
19. Troshin LI, Balash VA, Balash OS. *Statisticheskij analiz nechislovoy informatsii*. Moskovskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki, statistiki i informatiki. Moskva; 2001. 67 s. [Russian]
20. Cherepno-mozgovaya travma [digital resource]. Available from: http://live.com.ua/health/cherepno-mozgovayatravma_108127i15958.html [Russian]
21. Potapov AA, Roshal LM, Likhтерman LB, Krav-chuk AD. Cherepno-mozgovaya travma: problemy i perspektivy. *Voprosy neyrokhirurgii*. 2009; 2: 3-8. [Russian]
22. Shtovba SD. *Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB./Goryachaya liniya –Telekom*. M; 2007. 288 s. [Russian]
23. Khobzey NK, Pedachenko EG, Golik VA, Guk AP, i dr. Epidemiologiya invalidnosti vsledstvi cherepno-mozgovoy travmy v Ukraine. *Ukrayina. Zdorov'ya natsiyi*. 2011; 3 (19): 30-4. [Russian]
24. Maas AI, Marmarou A, Murray GD, Teasdale SG, Steyerberg EW. Prognosis and clinical trial design in traumatic brain injury: the IMPACT study. *J Neurotrauma*. 2007 Feb; 24 (2): 232-8. PMID: 17375987. DOI: 10.1089/neu.2006.0024
25. Olesen J, Baker M, Freud T, di Luca M, Mendlewicz J, Ragan I, Westphal M. Consensus document on European brain research. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2006; 77 (suppl 1): i1-i49. PMID: PMC3284269
26. Andlin-Sobocki P, Jonsson B, Wittchen H-U, Olesen J. Costs of disorders of the brain in Europe. *Europ J Neurol*. 2005; 12 (suppl 1): 1-27. PMID: 15877774. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2005.01202.x
27. Fuzzy Logic Toolbox [digital resource]. Available from: <http://atoms.scilab.org/toolboxes/sciFLT/0.4.7>
28. Guler I, Gokcil Z, Gulbandilar E. Evaluation of traumatic brain injuries using artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*. 2009; 36 (7): 10424-7. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.036>
29. Guler I, Tunca A, Gulbandilar E. Detection of traumatic brain injuries using fuzzy logic algorithm. *Expert Systems with Applications*. 2008; 34 (2): 1312-7. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.12.009>
30. Lippert-Grüner M, Maegele M, Haverkamp H, Klug N, Wedekind Ch. Health - related quality of life during the first year after severe brain trauma with and without polytrauma. *Brain Inj*. 2007; 21 (5): 451-5. <https://doi.org/10.1080/0269-9050701343961>
31. Nasser R, Jallo J. International Neurotrauma. *Neurotrauma and Critical Care*. 2007: 1- 6.
32. Open source software for numerical computation [digital resource]. Available from: <http://www.scilab.org/>

УДК 616:831-519.24

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ТЕЧЕНИЯ И ИСХОДА ТЯЖЕЛОЙ ИЗОЛИРОВАННОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

Масалитин И. Н., Кочина М. Л., Фирсов А. Г.

Резюме. Цель исследования - разработка модели прогноза течения и исхода тяжелой изолированной черепно-мозговой травмы с использованием нечеткой логики.

Для синтеза прогнозной модели использованы результаты обследования 155 пациентов с тяжелой изолированной черепно-мозговой травмой, из которых 126 пациентов было с благоприятным и 29 - с летальным исходом заболевания.

Для построения моделей прогноза течения и исхода черепно-мозговой травмы с использованием нечеткой логики наиболее информативными оказались: локализация патологического субстрата, значения показателей шкалы комы Глазго и шкалы DRS, показателей витальных функций (частота сердечных сокращений и дыхательных движений).

Разработанная модель прогноза базируется на двухэтапном алгоритме. На первом этапе больные распределяются на кластеры по показателям локализации патологического субстрата, а на втором - прогнозируется результат заболевания с использованием показателей шкал и витальных функций.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, модель прогноза, нечеткая логика.

UDC 616: 831-519.24

Model of the Course Prognosis and the Results of a Severe Isolated Craniocerebral Trauma

Masalitin I. M., Kochina M. L., Firsov O. G.

Abstract. One of the types of injuries (30-50% of all traumatic injuries) that are most commonly encountered today is the craniocerebral trauma (CCT), which ranks first in the structure of neurosurgical pathology. CCT is the main cause of death and disability in people under the age of 45 and outweighs tumor and vascular diseases. As a rule, the injured are young people of working age. Almost one third of injured remain disabled. In addition, CCT occupies one of the leading places in the mortality structure, ranging from 40% to 55% of all traumatic injuries.

One of the most important tasks that must be solved when organizing and conducting treatment of CCT is the prognosis of the course and outcome of CCT. In this case, the important role is played by the patients' indicators used for prognosis. The current methods of individual prognosis of the course and outcome of CCT, in most cases, require additional surveys, built on the basis of a large number of clinical, neurological and laboratory indicators. If the prognosis is based on new or additional indices that are not standard and are not included in the protocol for managing a patient with CCT, then its use will be complicated, because it requires special equipment, additional financing of the medical diagnostic process by public funds or relatives of the injured. The most valuable prognosis is the one which is based on the traditional indicators defined in each patient with CCT during hospitalization according to the diagnosis and treatment standard.

The purpose of the study is to develop a model for predicting the course and outcome of a severe isolated craniocerebral trauma using fuzzy logic.

The results of a standard survey of 155 patients with severe isolated CCT were used for synthesis of the experimental model. 126 patients out of all were favorable and 29 with the fatal outcome of the disease.

As a result of many years of research, it was found out that the result of CCT significantly affects the nature of brain damage and the localization of the pathological substrate. Accordingly, the patients were divided into groups with the most similar traumatic brain damage. The grouping of patients was performed according to the parameters of localization of the injury point (frontal lobe, temporal fate, anterolateral fossa, occipital lobe) using the fuzzy clustering method and the fuzzy c-median algorithm.

Preliminary data analysis showed that some patients had multiple brain lesions, the number of possible combinations was equal to sixteen. The use of the clustering method allowed dividing patients into subgroups with the most similar characteristics of brain damage. Patients with a Glasgow coma score of less than 5 or more than 13 were excluded from the study group. In the first case, all patients had a CCT fatal result; in the second case it was favorable.

For the construction of models for the course prognosis and the results of CCT with using fuzzy logic, the most informative were: localization of the pathological substrate, Glasgow coma scale score and DRS scale, indicators of vital functions (heart rate and respiratory movements).

The developed prognosis model is based on a two-stage algorithm. At the first stage, patients are divided into clusters according to the pathological substrate localization parameters. At the second stage, the results of CCT are predicted using the model results of the disease developed separately for each cluster, indicators of scales and vital functions.

Keywords: craniocerebral trauma, model of prognosis, fuzzy logic.

Стаття надійшла 22.02.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування