

УДК 519.2:616-001

К.т.н., доцент Білостоцький А.І., студентка Сташко Ю.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ УСКЛАДНЕНЬ ВНАСЛІДОК ТРАВМ М'ЯКИХ ТКАНИН

Abstract

Anatolii I. Bilostockii, assoc. prof., PhD; Iuliia Stashko, student
Mathematical model of complications development caused by soft tissue trauma
In this article described process of constructing scale, that is numerical index for predicting the probability of developing complications by soft tissue trauma. This model was constructed by means of logistic regression. Accuracy of model prediction is 84,1%.

Вступ

На сьогоднішні все більш актуальною стає проблема зі стрімким зростанням травматичності. В першу чергу це пов'язано з тим, що неперервно збільшується швидкість руху людини, збільшується кількість ДТП. Друга вагома причина - падіння з висоти. Не менш велику лепту внесли травматичність на виробництві, спортивні травми та ін.. На жаль, великий відсоток в таких випадках має летальний результат.

Цьому також існує декілька причин, перша з яких – невчасне надання невідкладної допомоги. В екстреній ситуації, в умовах недостатньої визначеності важко прийняти правильне рішення в методі лікування, оскільки за досить короткий період необхідно проаналізувати велику кількість симптомів. Внаслідок цього трапляються лікарські помилки.

В такій ситуації постає необхідність у створенні математичної моделі, яка б спираючись на реальні дані, відображала ймовірність розвитку ускладнень внаслідок травм різного ступеня важкості. Що слугуватиме лікарю додатковим помічником при прийнятті рішення.

На даний момент до моделей, які частково вирішують дану проблему, можна віднести моделі Acute Physiology and Chronic Health Evaluation score (APACHE) та Simplified Acute Physiology Score (SAPS) [1]. Вони побудовані методами математичної статистики. Недоліком є те, що вони є моделями широкого застосування, а, як наслідок, мають невисоку прогностичну здатність.

Постановка задачі

Метою роботи є розроблення моделі що відображає процес розвитку ускладнень внаслідок травм м'яких тканин.

Дана модель передбачає ймовірність появи ранніх інфекційних ускладнень, ймовірність смерті внаслідок травми, а також ймовірність появи перитоніту. Сутність роботи в тому, щоб скласти шкали, які за нескладним підрахунками дозволять оцінити ймовірність появи у пацієнта того чи іншого ускладнення.

Опис моделі

Побудова такої моделі зводиться до поділу всіх пацієнтів на три групи, за ознакою залежної змінної, для кожної з яких складається відповідна шкала оцінки стану пацієнта. Залежними змінними в даній задачі є наявність чи відсутність інфекційних ускладнень, наявність чи відсутність перитоніту та летального результату.

Першим етапом побудови даної моделі є виділення можливих предикторів (симптомів пацієнта) та визначення одиниць їх вимірювання. Було виділено 22 предиктори: ЧСС (частота серцевних скорочень), САД (систоличний артеріальний тиск), ЧД (частота дихання), температура тіла, добовий діурез, рівень лейкоцитів у крові, рівень еритроцитів в крові, рівень гемоглобіну, надлишковий азот в крові, шоківий індекс Альговера, пульсовий тиск, індекс маси тіла, вік пацієнта, гематокрит, сечовина, мангеймський перитоніальний індекс, рівень білка у крові, швидкість осідання еритроцитів, діастолічний тиск, солі сечі, рівень альбуміна крові, альбумін/глобуліновий коефіцієнт.

Необхідно визначити який вплив на результат має кожна з незалежних змінних. Слід зазначити, що значення всіх цих змінних були в наявності для кожного пацієнта з контрольної вибірки.

Другим етапом побудови даної моделі було виділення найбільш впливових незалежних змінних та відкидання менш впливових для кожного прогнозованого ускладнення окремо (в тексті наводяться розрахунки для випадку однієї залежної змінної – раннього інфекційного ускладнення). Для цих цілей було використано U-критерій Манна-Уїтні у випадку якісних величин та H-критерій Краскела — Уолліса для порядкових та інтервальних величин [2]. Оскільки критерій Краскела — Уолліса є узагальненням критерія Манна-Уїтні, слід зазначити, що критерій Манна-Уїтні був обраний з огляду на те, що він дає хороші результати навіть на малих вибірках та не накладає обмежень на розподіл випадкової величини або дисперсію. Предиктори, що мають статистичний

зв'язок із залежною змінною $p \leq 0.3$, увійшли в модель. Результати проведеного аналізу наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Предиктори, що мають статистичний зв'язок із залежною змінною $p \leq 0.3$

Предиктори	p
ЧСС	0,001416
Систолічний АТ	0,106792
Діастолічний АТ	0,063410
Рівень еритроцитів крові	0,214884
Рівень лейкоцитів крові	0,014597
Рівень гемоглобіну	0,060305
Поліморфноядерні лейкоцити	0,0001

Третім етапом є безпосередня побудова моделі, на основі якої будуть визначені шкали для кожної з трьох залежних змінних. Модель була побудована засобами багатofакторного кореляційно-регресійного аналізу. Оскільки природа відібраних предикторів різна (категоріальна, номінальна, неперервна) перед безпосереднім визначенням коефіцієнтів регресії проводилась категоризація вільних змінних [3]. Найкращу апроксимацію до реальних даних дає категоріальна регресія. Після обчислення всіх коефіцієнтів регресії та кореляції (табл.2) обчислювався показник відносної важливості PMVD [4]. Метрика PMVD для обчислення коефіцієнта відносної важливості була обрана, оскільки вона дає зважений коефіцієнт вкладу окремого предиктора у результат, що є зручним для подальшої обробки. Результати обчислень наведені в табл. 2.

Таблиця 2.

Отримані коефіцієнти кореляційно-регресійного аналізу

№	Предиктор	В-коefficient	Стандартне відхилення	Часткова кореляція	Коефіцієнт важливості
1	ЧСС	0,284	0,13	0,37	0,245
2	ДАТ	0,058	0,061	0,084	-0,015
3	Лейкоцити	0,195	0,111	0,269	0,122
4	Гемоглобін	0,133	0,094	0,295	0,056
5	Поліморфноядерні лейкоцити	0,528	0,141	0,595	0,592

Четвертим етапом побудови заданої моделі є складання самої шкали. Базовим коефіцієнтом для її побудови був обраний відносний коефіцієнт важливості. Оскільки область значень даного коефіцієнта в межах від -1 до 1, було вирішено масштабувати отримані величини шляхом множення

абсолютного значення на 100 та округлення до цілого. В результаті за кожен предиктор пацієнт отримує відповідний бал. Сумарна кількість балів характеризує стан пацієнта і є числовим показником для подальшого визначення ймовірності настання чи ненастання кожного з ускладнень окремо. Отримані шкали наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Отримана шкала для підрахунку сумарного балу

№	Фактор	Бал
1	Підвищений ЧСС	+24
2	Підвищений ДАТ	+2
3	Лейкоцити (паталогія)	+12
4	Гемоглобін (паталогія)	+6
5	Поліморфноядерні лейкоцити (паталогія)	+59

П'ятим етапом є визначення ймовірності настання кожного з ускладнень за підрахованими сумарними балами. У випадку передбачення ймовірності настання певного результату найбільш адекватні дані дає логістична регресія [5]. На базі бінарної логістичної регресії була побудована модель визначення ймовірності настання ускладнення для трьох випадків, що розглядаються. В цьому випадку залежні змінні залишалися тими самими, а незалежною виступає сумарна кількість балів. В результаті було отримано 3 моделі, що відображають ймовірність появи кожного з трьох можливих ускладнень. Нижче наведена модель, що стосується ранніх інфекційних ускладнень.

$$p = \frac{e^{-4,133+0,066x}}{1+e^{-4,133+0,066x}} ,$$

де p – ймовірність появи ранніх інфекційних ускладнень, x – сумарна кількість балів за отриманою шкалою.

Дана модель забезпечила прогноз з точністю 84,1% (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,281$).

Висновки

Запропонована математична модель адекватно моделює розвиток ускладнень, що можуть розвинути внаслідок перенесення пацієнтом травми м'яких тканин. Дана модель є зручною у використанні лікарями, оскільки не потребує значних зусиль. За рахунок отриманої шкали можна досить швидко визначити найбільш ймовірне ускладнення чи ненастання ускладнень взагалі. Результати проведеного дослідження можуть

слугувати додатковим джерелом інформації при прийнятті рішення стосовно методу лікування (операційний, неопераційний) та дозволить зменшити кількість діагностичних операцій, що відобразиться у зменшенні летальності внаслідок перенесення травм.

В подальшому модель можна покращити додаванням факторів, що мають небіологічну природу. Таких, як рівень медичного закладу, в якому надавалась невідкладна допомога.

Література

1. *Bodin K., Alan G.* A comparison of APACHE II and SAPS II scoring systems in predicting hospital mortality in Thai adult intensive care units // *Journal of the Medical Association of Thailand Chotmai het thangphaet*, 2007.
2. Алгоритмика, статистика и теория вероятностей [Електронний ресурс <http://matstats.ru/index.html>], дата візиту 09.03.2012.
3. Статистический анализ медицинских данных [Електронний ресурс <http://doktor-lib.com/book/593-statisticheskij-analiz-medicinskix-dannyx/82-142-logisticheskaya-regressiya-kak-odin-iz-metodov-nelinejnogo-regressionnogo-analiza.html>], дата візиту 09.03.2012.
4. *Наследов А. Д.* SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. СПб., 2005. 416 с.
5. *Andrew Ng.* *Lecture Notes* [Електронний ресурс <http://see.stanford.edu/materials/aimlcs229/cs229-notes1.pdf>], дата візиту 09.03.2012.