

Построение индивидуального прогноза течения заболевания в отделении интенсивной терапии

Киселевская-Бабина В. Я. Санникова Т. Е.

Москва, 2024

Цель и задачи

Цель работы: Оценка ожидаемой длительности лечения, вероятности применения дыхательной поддержки и вероятности летального исхода у пациентов с COVID-19 в отделении реанимации.

Задачи:

- 1 Разработка индекса предрасположенности к тяжёлому течению COVID-19.
- 2 Построение модели динамики COVID-19 и оценка её параметров.
- 3 Прогнозирование течения COVID-19 в зависимости от значения индекса предрасположенности и тяжести при поступлении.

Материал

	Все пациенты	Умершие	Выписанные
Число пациентов	3212	594 (18%)	2618 (82%)
Продолжительность лечения	11.35 (\pm 7.9)	9.96 (\pm 8.3)	11.9 (\pm 7.1)
Мужчин	1707 (53%)	329 (55%)	1378 (53%)
Средний возраст	59,9 (\pm 15,8)	70,8 (\pm 13,1)	57,5 (\pm 15,4)
Пролечено на ИВЛ ¹	505 (16%)	459 (77%)	46 (2%)
Пролечено на НИВЛ ²	702 (22%)	246 (41%)	456 (17%)

¹Инвазивная искусственная вентиляция лёгких – метод дыхательной поддержки, при котором воздух подаётся непосредственно в дыхательные пути пациента через трубку, встраиваемую в трахею.

²Неинвазивная искусственная вентиляция лёгких, при которой воздух подаётся аппаратом при помощи маски.

Индекс предрасположенности к тяжёлому течению COVID-19

Индекс предрасположенности был построен на основе линейной комбинации весов хронических заболеваний пациента:

$$\phi_{\text{п}} = \sum_n k_n x_n, \quad \text{где}$$

k_n - вес n -го заболевания – относительный вклад в ослабление организма и развитие тяжёлого течения COVID-19,

x_n - наличие n -го заболевания у пациента, $x \in \{0, 1\}$

Стадии разработки индекса ϕ_p

- 1 Отбор хронических заболеваний исходя из достоверности отношения шансов летального исхода.
- 2 Определение параметров логистической регрессии на обучающей выборке:

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \sum \beta_n x_n)}}, \quad \text{где}$$

P - вероятность летального исхода,

β_n - коэффициент при n -м заболевании,

x_n - наличие n -го заболевания у пациента, $x \in \{0, 1\}$

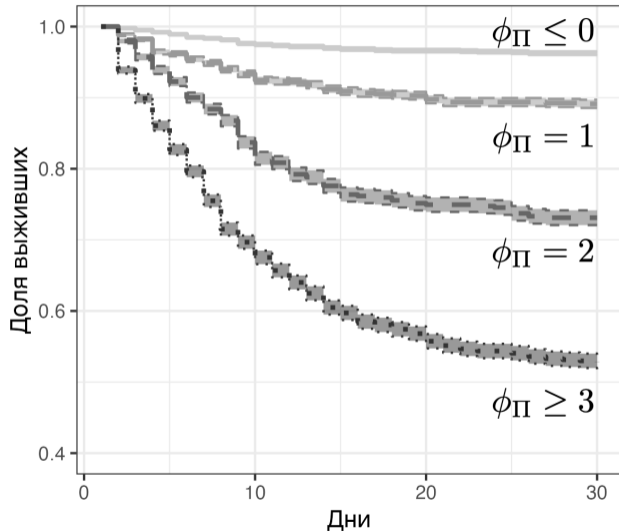
β_0 - начальный уровень вероятности летального исхода для пациентов без заболеваний

- 3 Оценка весов методом наибольшего правдоподобия и округления: $k_n = [\beta_n]$.

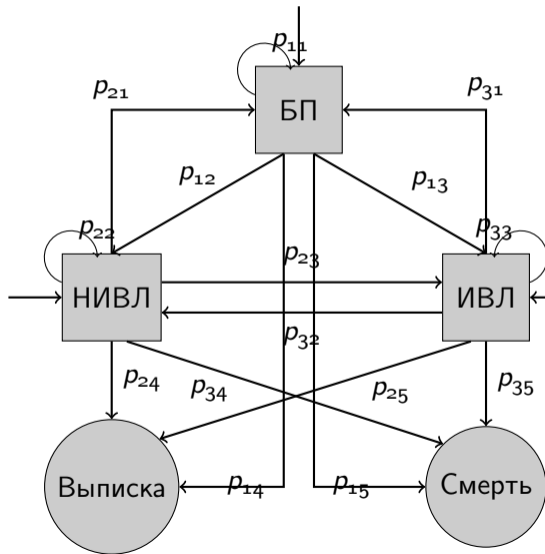
Результат оценки весов для индекса $\phi_{п}$

Заболевание	Отношение шансов [CI]	Вес	Округлённый вес
Хроническая болезнь почки 5 ст	7,84 [3,48, 17,64]	-0,25	0
Болезнь Паркинсона	6,61 [2,98, 14,64]	0,38	0
Метастатический рак	4,11 [2,48, 6,83]	0,93	1
Хроническая болезнь почки 4 ст	4,04 [2,28, 7,16]	-0,24	0
Эмболии артерий	3,50 [2,2, 5,57]	0,19	0
Эмфизема легких	3,32 [2,46, 4,46]	1,06	1
Мерцательная аритмия	2,95 [2,51, 3,47]	0,73	1
Ишемическая болезнь сердца	2,93 [2,63, 3,26]	0,98	1
Инсульт	2,92 [2,52, 3,39]	0,91	1
Тромбозы сосудов	2,79 [2,37, 3,29]	0,72	1
Анемия	1,87 [1,57, 2,24]	0,74	1
Рак	1,82 [1,42, 2,32]	0,25	0
Лёгочная гипертензия	1,53 [1,16, 2,02]	0,28	0
Сахарный диабет 2 типа	1,49 [1,28, 1,74]	0,38	0
Гипертония	1,31 [1,24, 1,37]	0,62	1
Хроническая болезнь почки 3 ст	0,68 [0,55, 0,84]	-1,69	-2
Аутоиммунные заболевания	0,61 [0,38, 0,96]	-0,86	-1
Хроническая болезнь почки 2 ст	0,20 [0,12, 0,31]	-3,49	-3
Жировой гепатоз печени	0,12 [0,04, 0,32]	-2,44	-2
Хроническая болезнь почки 1 ст	0,07 [0,02, 0,29]	-4,34	-4

Сравнение доли выживших для разных значений индекса ϕ_{Π}



Блок-схема марковской модели течения COVID-19



- 1 БП – без респираторной поддержки
- 2 НИВЛ – неинвазивная искусственная вентиляция легких
- 3 ИВЛ – инвазивная искусственная вентиляция легких

p_{ij} — вероятность перехода пациента из состояния i в состояние j .

Оценка параметров марковской модели

Оценка параметров проводилась методом мультиномиальной логистической регрессии.

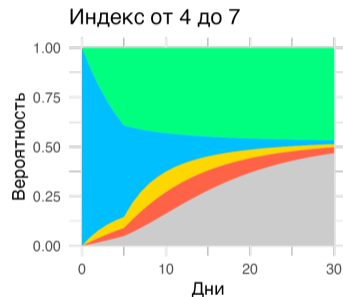
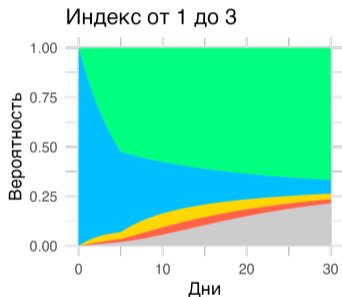
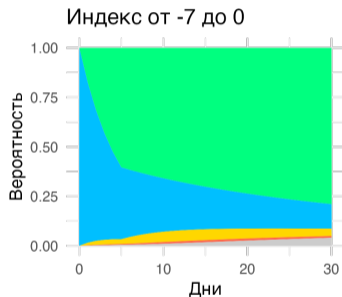
$$p_{ik} = \frac{e^{-\beta_k X}}{1 + \sum_{l=1}^4 e^{-\beta_l X}}, \quad k = 1 \dots 4, \quad \forall i, \quad p_{i5} = \frac{1}{1 + \sum_{l=1}^4 e^{-\beta_l X}}, \quad \forall i$$

Коэффициенты регрессии определялись весами нейронов однослойной нейронной сети с прямой связью.

Время модели было разделено на два отрезка: [1; 4] и [5; 30], для каждого отрезка параметры были оценены отдельно.

Моделирование динамики COVID-19 для пациентов с сохранением дыхания

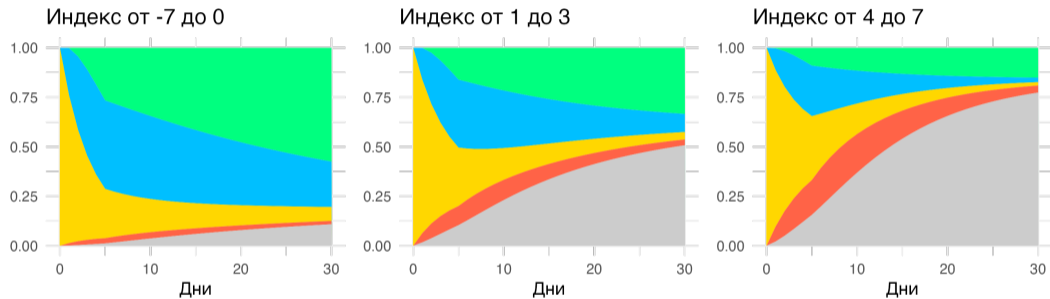
Выписка БП НИВЛ ИВЛ Смерть



Длительность лечения	9,45 дней	9,56 дней	9,63 дня
Длительность НИВЛ	1,3 дней	1,43 дней	1,66 дней
Длительность ИВЛ	0,25 дней	0,87 дней	2,04 дней
Летальность	0,04	0,21	0,47

Моделирование динамики COVID-19 для пациентов на НИВЛ

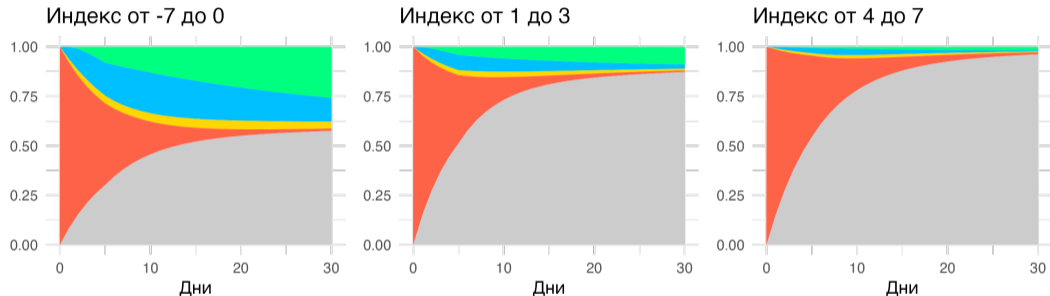
Выписка БП НИВЛ ИВЛ Смерть



Длительность лечения	16,55 дней	13,58 дней	11,86 дня
Длительность НИВЛ	5,38 дней	5,08 дней	4,8 дня
Длительность ИВЛ	0,74 дней	2,9 дней	3,65 дней
Летальность	0,11	0,51	0,77

Моделирование динамики COVID-19 для пациентов на ИВЛ

Выписка БП НИВЛ ИВЛ Смерть



Длительность лечения	11,26 дней	6,31 дней	6 дней
Длительность НИВЛ	1,2 дней	0,58 дней	0,33 дней
Длительность ИВЛ	5,17 дней	4,27 дней	5,12 дней
Летальность	0,58	0,87	0,96

Выводы

- 1 Разработан индекс предрасположенности к тяжёлому течению COVID-19 на основе наличия хронических заболеваний, который позволил разделить пациентов на группы с разной динамикой заболевания.
- 2 Разработана марковская модель течения COVID-19 на основе применения методов дыхательной поддержки в отделении реанимации.
- 3 Для каждой из 9 групп пациентов оценены ежедневные риски применения дыхательной поддержки в зависимости от индекса предрасположенности и состояния при поступлении в отделение реанимации.

Спасибо за внимание!