

## Прогнозирование длительности стационарного лечения пациентов с COVID-19

**В.В. Цветков**<sup>1✉</sup>, ORCID: 0000-0001-5195-9316, e-mail: suppcolor@gmail.com  
**И.И. Токин**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-9824-3945, e-mail: ivan.tokin@influenza.spb.ru  
**Д.А. Лиюзов**<sup>1,3</sup>, ORCID: 0000-0003-3643-7354, e-mail: dlioznov@yandex.ru  
**Е.В. Венев**<sup>1,4</sup>, ORCID: 0000-0003-2769-4586, e-mail: evgenyvenev@gmail.com  
**А.Н. Куликов**<sup>3</sup>, ORCID: 0000-0002-4544-2967, e-mail: ankulikov2005@yandex.ru

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт гриппа им. А.А. Смородинцева, 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 15/17

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова; 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41

<sup>3</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова; 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8

<sup>4</sup> Клиническая инфекционная больница им. С.П. Боткина; 195067, Россия, Санкт-Петербург, Пискаревский проспект, д. 49

### Резюме

**Введение.** В условиях высокой нагрузки на все звенья в структуре оказания медицинской помощи больным COVID-19 решение вопроса эффективной медицинской сортировки пациентов представляется чрезвычайно актуальным. Длительность стационарного лечения является одним из наиболее объективных и однозначно интерпретируемых показателей, которые могут быть использованы для косвенной оценки тяжести состояния пациента.

**Цель.** Разработать модель машинного обучения для прогнозирования длительности стационарного лечения пациентов с COVID-19 на основании рутинных клинических показателей, оцениваемых на догоспитальном этапе.

**Материалы и методы.** Всего обследовано 564 пациента с диагнозами «U07.1 COVID-19, вирус идентифицирован» (n = 367) и «U07.2 COVID-19, вирус не идентифицирован» (n = 197). В исследовании включено 270 пациентов, из них у 50,37% больных длительность стационарного лечения не превышала 7 дней, у 49,63% больных продолжительность стационарного лечения была более 10 дней. В качестве наиболее важных предикторов для прогнозирования длительности стационарного лечения были выбраны 11 клинических параметров: возраст, рост и вес пациента, уровень SpO<sub>2</sub>, температура тела, индекс массы тела, частота пульса, количество дней от начала болезни, частота дыхательных движений, систолическое и диастолическое артериальное давление.

**Результаты.** Точность разработанной нами модели машинного обучения для прогнозирования длительности стационарного лечения более 10 дней составила 83,75% (95% ДИ: 73,82–91,05%), чувствительность – 82,50%, специфичность – 85,00%, AUC = 0,86.

**Заключение.** Разработанный нами метод на базе машинного обучения характеризуется высокой точностью прогнозирования длительности стационарного лечения больных COVID-19, что позволяет рассматривать его как новый перспективный инструмент для поддержки принятия врачебных решений о дальнейшей тактике ведения пациента и решения вопроса о необходимости госпитализации.

**Ключевые слова:** COVID-19, клинические показатели, прогнозирование, длительность лечения, машинное обучение

**Благодарности.** Коллектив авторов выражает благодарность за содействие в проведении исследования сотрудникам ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России Евгению Александровичу Бакину и Оксане Владимировне Станевич.

**Для цитирования:** Цветков В.В., Токин И.И., Лиюзов Д.А., Венев Е.В., Куликов А.Н. Прогнозирование длительности стационарного лечения пациентов с COVID-19. *Медицинский совет.* 2020;(17):82–90. doi: 10.21518/2079-701X-2020-17-82-90.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Predicting the duration of inpatient treatment for COVID-19 patients

**Valeriy V. Tsvetkov**<sup>1✉</sup>, ORCID: 0000-0001-5195-9316, e-mail: suppcolor@gmail.com  
**Ivan I. Tokin**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-9824-3945, e-mail: ivan.tokin@influenza.spb.ru  
**Dmitry A. Lioznov**<sup>1,3</sup>, ORCID: 0000-0003-3643-7354, e-mail: dlioznov@yandex.ru  
**Evgeny V. Venev**<sup>1,4</sup>, ORCID: 0000-0003-2769-4586, e-mail: evgenyvenev@gmail.com  
**Alexandr N. Kulikov**<sup>3</sup>, ORCID: 0000-0002-4544-2967, e-mail: ankulikov2005@yandex.ru

<sup>1</sup> Smorodintsev Research Institute of Influenza; 15/17, Professor Popov St., St Petersburg, 197376, Russia

<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 191015, St Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; 6–8, Lev Tolstoy St., St Petersburg, 197022, Russia

<sup>4</sup> Clinical Infectious Disease Hospital named after S.P. Botkin; 49, Piskaryovsky Ave., St Petersburg, 195067, Russia

**Abstract**

**Introduction.** In the context of a high load on all links in the structure of providing medical care to patients with COVID-19, solving the issue of effective triage of patients seems to be extremely urgent. The duration of inpatient treatment is one of the most objective and unambiguously interpreted indicators that can be used to indirectly assess the severity of the patient's condition.

**Objective.** Develop a machine learning model to predict the duration of inpatient care for patients with COVID-19 based on routine clinical indicators assessed at the prehospital stage.

**Materials and methods.** A total of 564 patients were examined with diagnoses: U07.1 COVID-19, virus identified (n = 367) and U07.2 COVID-19, virus not identified (n = 197). The study included 270 patients, of whom in 50.37% of patients the duration of inpatient treatment did not exceed 7 days, in 49.63% of patients the duration of inpatient treatment was more than 10 days. Eleven clinical parameters were chosen as the most important predictors for predicting the duration of inpatient treatment: age, height and weight of the patient, SpO<sub>2</sub> level, body temperature, body mass index, pulse rate, number of days from the onset of illness, respiratory rate, systolic and diastolic arterial pressure.

**Results.** The accuracy of our machine learning model for predicting the duration of inpatient treatment more than 10 days was 83.75% (95% CI: 73.82–91.05%), sensitivity – 82.50%, specificity – 85.00%. AUC = 0.86.

**Conclusion.** The method developed by us based on machine learning is characterized by high accuracy in predicting the duration of inpatient treatment of patients with COVID-19, which makes it possible to consider it as a promising new tool to support medical decisions on further tactics of patient management and to resolve the issue of the need for hospitalization.

**Keywords:** COVID-19, clinical scores, prediction, duration of treatment, machine learning

**Acknowledgments.** The team of authors would like to express their gratitude for the assistance in conducting the study to the employees of the Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation Evgeniy A. Bakin and Oksana V. Stanevich.

**For citation:** Tsvetkov V.V., Tokin I.I., Lioznov D.A., Venev E.V., Kulikov A.N. Predicting the duration of inpatient treatment for COVID-19 patients. *Meditsinskiy sovet = Medical Council.* 2020;(17):82–90. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2020-17-82-90.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**ВВЕДЕНИЕ**

Развитие пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 поставило перед специалистами здравоохранения новые задачи: в кратчайшие сроки разработать диагностические тест-системы, алгоритмы оказания медицинской помощи, а также меры и средства профилактики в отношении неизвестного ранее инфекционного заболевания. Во многих странах мира по-прежнему предпринимаются колоссальные усилия для организации медицинской помощи больным COVID-19.

Сегодня известно, что в 80% случаев заболевание протекает в легкой форме [1, 2]. Вместе с тем у абсолютного большинства госпитализированных пациентов регистрируют пневмонию, а у 10–15% больных развиваются тяжелые, у 5% – крайне тяжелые формы течения заболевания, та кие как пневмония с острой дыхательной недостаточностью, острый респираторный дистресс синдром (ОРДС), сепсис и септический шок [2, 3]. Наиболее частыми клиническими проявлениями COVID-19 считаются повышение температуры тела более 38 °С, кашель, сухой или с небольшим количеством мокроты и одышка [4]. Выраженность и время появления симптомов могут свидетельствовать о тяжести или клинической форме заболевания. Например, среди пациентов с пневмонией у 99% больных наблюдается лихорадка, у 70% – выраженная утомляемость, у 59% – сухой кашель, у 40% – анорексия, у 35% – боли в мышцах и лишь у 31% больных наблюдается одышка, а у 27% – продуктивный кашель [5]. Кроме того, есть основания полагать, что больные COVID-19 с симптомами поражения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) имеют более высокий риск развития неблагоприятного или летального исхода заболевания, чем пациенты

без нарушений со стороны ЖКТ [6]. Группы риска развития тяжелых форм течения и неблагоприятных исходов заболевания продолжают изучаться. Среди пациентов с тяжелым течением инфекции чаще встречаются больные старше 50–60 лет, а также лица с такими сопутствующими заболеваниями, как сахарный диабет, онкология, артериальная гипертензия и другие сердечно-сосудистые заболевания [3, 7–12]. Летальные исходы заболевания чаще наблюдаются среди больных старше 65 лет, кроме того, пожилые пациенты с COVID-19 чаще нуждаются в госпитализации и проведении интенсивной терапии [13–16]. Пожилой возраст больного, наличие нейтрофилии и повышение уровней лактатдегидрогеназы и D-димера увеличивают риск развития ОРДС и смерти [17, 18].

В условиях высокой нагрузки на все звенья организации медицинской помощи больным COVID-19 решение вопроса эффективной медицинской сортировки пациентов представляется чрезвычайно актуальным. На этапе первичного обращения больного с подозрением на COVID-19 за медицинской помощью первоочередной задачей является решение вопроса о необходимости госпитализации. В свою очередь, на этапе стационарного обследования главной задачей медицинской сортировки является определение приоритетов лечения больного, а также необходимости проведения интенсивной терапии и инвазивной вентиляции легких. В настоящее время в условиях ограниченного количества имеющихся сведений о COVID-19 при оказании медицинской помощи таким пациентам по-прежнему приходится руководствоваться алгоритмами, разработанными ранее для отдельных синдромов и неотложных состояний. Вместе с тем далеко не всегда такие универсальные алгоритмы являются оптимальными, т. к. характер клинического течения в большей