

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-159-168>

УДК 616.831-005.4:613.644]-036-055.1

© Коллектив авторов, 2022

Потеряева Е.А.^{1,2}, Яшникова М.В.¹, Доронин Б.М.¹, Максимов В.Н.^{1,3}, Смирнова Е.А.^{1,3}

Способ прогнозирования развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный пр-т, 52, Новосибирск, 630091;

²ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора, ул. Пархоменко, 7, Новосибирск, 630108;

³Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Б. Богаткова, 175/1, Новосибирск, 630089

Введение. Проблема изучения развития инсульта у мужчин трудоспособного возраста, работающих в условиях высокого профессионального риска, остаётся актуальной.

Цель исследования — разработка способа прогнозирования развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

Материалы и методы. В исследование включены 136 мужчин в возрасте от 30 до 65 лет, работавшие 5 и более лет по профессиям: слесарь механосборочных работ, монтажник, шлифовщик, фрезеровщик, клепальщик, заточник, формовщик (класс условий труда — 3.1). Участники исследования были разделены на две группы: первая группа — 72 мужчины, больных инсультом, вторая группа — 64 мужчины, не имевших в анамнезе данных о перенесённом инсульте. Обследованные обеих групп были сопоставимы по профессиональному составу, возрасту и стажу работы. С помощью метода последовательного включения изучаемых факторов риска развития инсульта (*Forward Stepwise*) были определены те, которые вносили достоверный вклад в возможное развитие инсульта.

Результаты. На основании многофакторного анализа была выведена формула логистической регрессии, определяющая вероятность возникновения инсульта у больных, работающих в условиях воздействия локальной вибрации. В формулу были включены значимые факторы, вносящие достоверный вклад развитие инсульта: наличие у больного диагноза «АГ 3 степени» (β -коэффициент=2,7, $p=0,001$), отсутствие приёма гипотензивных препаратов (β -коэффициент=1,3, $p=0,01$). Для определения вероятности развития инсульта определяют значение указанных 2-х параметров, подставляют в соответствующую формулу для вычисления значения $p(X)$. Значение $p(X)$, превышающее 0,8, свидетельствует о высоком риске развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации. Чувствительность предлагаемого способа составила 72,2%, специфичность — 75,0%.

Ограничения исследования. Из этого исследования были исключены факторы: женский пол, возраст менее 30 и более 65 лет, диагноз «преходящее нарушение мозгового кровообращения», стаж работы менее 5 лет, наличие острых инфекционных заболеваний.

Выводы. Выявлено прогностическое значение сочетания индивидуальных факторов риска инсульта у лиц, работающих в условиях воздействия локальной вибрации (наличие у больного диагноза «АГ 3 степени», отсутствие приёма гипотензивных препаратов). Многофакторная модель является информативной для индивидуального прогнозирования инсульта у мужчин при воздействии производственной локальной вибрации.

Этика. Исследование проведено с соблюдением «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и «Правила клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266; одобрено локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России (протокол заседания № 65 от 27.05.2014 г.).

Ключевые слова: инсульт; мужчины; локальная вибрация; прогнозирование риска развития инсульта; математическая модель

Для цитирования: Потеряева Е.А., Яшникова М.В., Доронин Б.М., Максимов В.Н., Смирнова Е.А. Способ прогнозирования развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(3): 159–168. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-159-168>

Для корреспонденции: Яшникова Мария Викторовна, ассистент кафедры неотложной терапии с эндокринологией и профпатологией ФПК и ППВ ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, канд. мед. наук. E-mail: yash-maria@mail.ru

Участие авторов:

Потеряева Е.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Яшникова М.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;

Доронин Б.М. — концепция и дизайн исследования;

Максимов В.Н. — статическая обработка материала исследования;

Смирнова Е.А. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 01.04.2022 / Дата принятия к печати: 18.04.2022 / Дата публикации: 25.04.2022

Введение. Проблема инсульта, несмотря на достигнутые успехи в области её решения, остаётся актуальной как в РФ, так и в мире в целом, т. к. является одной из ведущих причин смертности и инвалидизации [1, 2]. Известно о существенном снижении смертности от инсульта в ряде развитых стран, что является следствием профилактиче-

ских мероприятий, направленных на коррекцию факторов риска [3, 4].

В условиях дефицита трудовых ресурсов укрепление и сохранение здоровья экономически активного населения России приобретает особую значимость, а в число приоритетов развития здравоохранения входит задача по

снижению уровня трудовых потерь [5]. В структуре хронических профессиональных заболеваний в РФ на первом месте стоит профессиональная патология от воздействия физических факторов (производственная вибрация и шум) [6].

Первичным механизмом повреждающего действия вибрации считается дестабилизация клеточных мембран. Производственная вибрация вызывает значительные изменения эндотелия стенок сосудов, изменения ремодулирующих свойств эритроцитов, нарушения в системе фибринолиза и гемостаза [7–9].

У работников виброопасных профессий развивается системный ангиотрофоневроз вследствие ангиопатии, что способствует формированию многих висцеральных поражений. Отмечено, что у 34,6% рабочих виброопасных профессий ведущее место в структуре заболеваний занимают поражения сердечно-сосудистой системы в виде АГ, ИБС, системного атеросклероза, особенно с увеличением стажа контакта с вибрацией [10–12].

Анализ литературных данных показывает, что имеются немногочисленные работы отечественных и зарубежных авторов по изучению церебрального кровообращения при влиянии вибрации. Некоторые авторы отмечают, что при воздействии на организм локальной вибрации и сопутствующих ей неблагоприятных факторов в системе мозгового кровообращения возникают такие же изменения, как и в сосудистой сети верхних конечностей, что, по-видимому, свидетельствует о рефлекторном характере указанных церебральных нарушений и «общем» действии на организм «локальной» вибрации [13].

При обследовании сборщиков-клепальщиков, работающих в контакте с локальной вибрацией, выявлялась определенная динамика роста изменений на электроэнцефалографии (ЭЭГ). По мере увеличения стажа работы с вибрацией тип ЭЭГ менялся от организованного к дезорганизованному и десинхронному, регистрировались признаки дисфункции верхнестебельных структур [14].

В этой связи особую значимость приобретает прогнозирование развития сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и инсульта, у лиц трудоспособного возраста с учётом влияния вредных производственных факторов.

В литературе описаны защищённые патентами способы прогнозирования развития патологии сердечно-сосудистой и нервной систем (база патентных документов ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» и база данных PATENTSCOPE Всемирной организации интеллектуальной собственности) у лиц, работающих в условиях воздействия производственной вибрации:

- способ донозологической диагностики нарушений здоровья от воздействия локальной вибрации (патент РФ № 2549435 С1) [15];
- способ диагностики когнитивных нарушений при вибрационной болезни, связанной с воздействием локальной вибрации (патент РФ № 2712073 С1) [16].

В то же время крайне мало исследований, которые определяют способы прогнозирования инсульта у работников с высоким профессиональным риском, в том числе у лиц, работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

Цель исследования — разработка способа прогнозирования развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

Материалы и методы. Для расчёта прогноза вероятности развития инсульта у лиц с воздействием локальной вибрации обследовано 2 группы мужчин в возрасте от 30 до 65 лет, которые являлись представителями следующих профессий: слесарь механосборочных работ, монтажник, шлифовщик, фрезеровщик, клепальщик, заточник, формовщик (класс условий труда — 3.1). Стаж работы составлял 5 и более лет.

Первую группу обследованных составили 72 мужчины, больных с инсультом, работавших в контакте с локальной вибрацией. Средний возраст больных в данной группе составил $(55,8 \pm 0,8)$ года. Средний стаж работы на момент развития инсульта — $(31,6 \pm 0,8)$ года. Диагноз «инсульт» был поставлен в соответствии с Международной классификацией болезней X пересмотра. Верификация диагноза инсульта проводилась на основании данных комплексного клинико-функционального и инструментального обследования (компьютерная томография головного мозга).

Вторую группу составили 64 мужчины, работавшие в контакте с локальной вибрацией, но не имевшие в анамнезе данных о перенесённом инсульте. Средний возраст больных во второй группе составил $(56,3 \pm 0,6)$ года. Средний стаж работы — $(29,7 \pm 1,4)$ года. Исследуемые группы были сопоставимы по возрасту и стажу.

У обследуемых первой и второй групп изучались факторы риска развития инсульта: возраст, стаж работы; наличие артериальной гипертензии (АГ), степень АГ; контроль пациентом своего АД; приём гипотензивных препаратов; наличие в анамнезе ишемической болезни сердца (ИБС), фибрилляции предсердий (ФП), уровень общего холестерина, наличие фактора дислипидемии (ДЛП), сахарного диабета (СД), факторов курения и злоупотребления алкоголем.

В группу больных АГ, согласно рекомендациям ВОЗ и ESH/ESC 2018, были отнесены пациенты, у которых при трёхкратном измерении АД регистрировалось систолическое АД 140 мм рт. ст. и более, диастолическое АД 90 мм рт. ст. и более, а также больные с АГ в анамнезе, принимавшие на момент развития инсульта антигипертензивные препараты [17]. В соответствии с критериями ВОЗ и ESH/ESC 2018, при определении степени АГ руководствовались значениями САД и ДАД: I степень 140–159/90–99 мм рт. ст., II степень — 160–179/100–109 мм рт. ст., III степень — > 180/100 мм рт. ст.

Электрокардиография осуществлялась по общепринятой методике на 12-канальном электрокардиографе. Наличие инфаркта миокарда в анамнезе подтверждалось соответствующими медицинскими документами (амбулаторные карты, выписные эпикризы).

Исследование глюкозы производили глюкооксидазным фотометрическим методом по конечной точке с помощью специализированного биохимического фотометра типа Микролаб 540 (Россия). Исследование уровня показателей липидного профиля проводилось ферментативным колориметрическим прямым методом на биохимическом анализаторе «AU 480» фирмы «Bechman Coulter» (США).

Курящими признавались лица, выкуривающие хотя бы одну сигарету в день, а также бросившие курить менее 1 года назад [18, 19].

Злоупотребление алкоголем устанавливалось в случае систематического его приёма (не реже одного раза в 7 дней) в объёме не менее 200 граммов в переводе на этиловый спирт в неделю [20].

Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятым методикам с использованием прикладных программ *Statistica* версии 6.0 и *SPSS Statistic* версии 13.0. Разработка математической модели прогнозирования развития инсульта у мужчин, чья профессия связана с воздействием локальной вибрации, состояла из ряда этапов. Для определения достоверности различий признаков (факторов) использовали анализ таблиц сопряжённости (критерий χ^2 Пирсона, а также двусторонний точный тест Фишера в случае, если ожидаемое значение хотя бы в одной ячейке таблицы сопряжённости было меньше 5). Для построения прогностической модели риска развития инсульта и выделения значимых показателей, вносящих достоверный вклад в развитие инсульта, использовали метод бинарной логистической регрессии по алгоритму Вальда, как для отдельно взятых переменных, так и для групп переменных с пошаговым включением их в систему (*Forward Stepwise*). В соответствии с принципами доказательной медицины выполнялся расчёт β -коэффициента, расчёт относительного риска и его доверительный интервал (95,0%). Выборка комбинации факторов риска развития инсульта проводилась с учётом большего числа предсказанных исходов. ROC-анализ был использован для вычисления пороговых значений чувствительности и специфичности.

Результаты и обсуждение. Определены факторы, которые вносят достоверный вклад в возможное развитие инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации (*табл. 1*). Ими оказались: наличие у больного диагноза «АГ 3 степени» (β -коэффициент=2,7, $p=0,001$), отсутствие приёма гипотензивных препаратов (β -коэффициент=1,3, $p=0,01$).

В полученной регрессионной модели отсутствовали общепринятые факторы риска развития инсульта такие, как фактор курения, фактор злоупотребления алкоголем, ИБС, фибрилляция предсердий, сахарный диабет, что объясняется отсутствием различий между обеими группами по этим факторам, данные факторы имели сильную корреляционную связь с факторами, включёнными в итоговую модель (добавление в модель этих факторов не улучшало точность прогноза).

На основании проведённого анализа была определена следующая формула логистической регрессии, определяющая вероятность развития инсульта данной производственной группы:

$$p(X) = \frac{1}{1 + e^{-z(X)}},$$

где $z(X) = 2,7 \times X1 + 1,3 \times X2$, $X1$ — наличие или отсутствие диагноза «Артериальная гипертензия 3 степени» (при наличии фактора $X1$ принимает значение «1», при отсутствии — «0»); $X2$ — отсутствие регулярно приёма гипотензивных препаратов (при наличии фак-

тора $X1$ принимает значение «1», при отсутствии — «0»).

Предложенная модель прогнозирования реализуется следующим образом: у работника, контактирующего с локальной вибрацией, определяют значение указанных двух параметров, а затем эти значения подставляют в соответствующую формулу. Вычисление значения $p(X)$ может быть реализовано в табличном процессоре *Excel*.

Значение $p(X)$, превышающее 0,8, свидетельствует о высоком риске развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия локальной вибрации. Данное значение $p(X)$ даёт оптимальное соотношение (наиболее высокое) чувствительности и специфичности.

Чувствительность предлагаемого способа составила 72,2%, специфичность — 75,0%.

Ниже приведены примеры прогнозирования развития инсульта с использованием предложенной математической модели.

Пример 1. Больной С., 55 лет. Работал слесарем механических работ в условиях воздействия преимущественно локальной вибрации (класс условий труда — 3.1) в течение 22 лет. Поступил в неврологическое отделение с диагнозом «геморрагический инсульт». В анамнезе: повышение АД в течение 5 года до 180/110 мм рт. ст. Артериальное давление на момент развития инсульта — 140/80 мм рт. ст. Контроль АД проводил, но гипотензивные препараты больной регулярно не принимал. Был осмотрен кардиологом, выставлен диагноз «Гипертоническая болезнь 3 ст., АГ 3 ст., риск 4» (*табл. 2*).

Таблица 2
Значения параметров $X1$ – $X2$, $z(X)$ и $p(X)$ у больного инсультом, работавшего в условиях воздействия локальной вибрации

Параметры	Значение
Артериальная гипертензия 3 степени — $X1$	1
Отсутствие регулярного приёма гипотензивных препаратов — $X2$	1
$z(X)$	4
$p(X)$	0,98201

Полученное значение $p(X)$ превышает 0,8, что свидетельствует о высоком риске развития инсульта у больного из примера (*табл. 2*). Вывод, сделанный на основании расчётов, совпадает с реальной ситуацией — развитием инсульта у пациента.

Пример 2. Больной К., 59 лет. Работал фрезеровщиком в условиях воздействия преимущественно локальной вибрации (класс условий труда — 3.1) 33 года. Поступил в неврологическое отделение с диагнозом «ишемический

Таблица 1
Показатели, используемые в прогностической регрессионной модели риска развития инсульта у мужчин, имеющих воздействие локальной вибрации

Факторы риска	β -коэффициент	χ^2 Вальда	p	Относительный риск	95% доверительный интервал
Артериальная гипертензия 3 степени	2,7	29,6	0,001	14,9	5,6–39,6
Отсутствие приёма гипотензивных препаратов	1,3	6,6	0,01	3,6	1,3–9,6

инсульт». В анамнезе: повышение АД в течение 5 лет до 250/120 мм рт. ст. Артериальное давление на момент развития инсульта составило 180/110 мм рт. ст. Гипотензивные препараты больной принимал регулярно. Был осмотрен кардиологом, выставлен диагноз «Гипертоническая болезнь 3 ст., АГ 3 ст., риск 4» (**табл. 3**).

Таблица 3
Значения параметров $X1$ – $X2$, $z(X)$ и $p(X)$ у больного инсультом, работавшего в условиях воздействия локальной вибрации

Параметры	Значение
Артериальная гипертензия 3 степени — $X1$	1
Отсутствие регулярного приёма гипотензивных препаратов — $X2$	0
$z(X)$	2,7
$p(X)$	0,93703

Полученное значение $p(X)$ превышает 0,8, что свидетельствует о высоком риске развития инсульта у больного из примера (**табл. 3**).

Пример 3. Больной К., 51 год. Работает заточником (класс условий труда — 3.1) в течение 30 лет. Находился на лечении в клинике ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены». Был осмотрен неврологом, у больного отсутствовали данные анамнеза о перенесённом инсульте. На момент осмотра АД составило 170/100 мм рт. ст. Повышение АД до 160/100 мм рт. ст. в течение 8 лет. Больной проводит постоянный контроль АД и регулярно принимает гипотензивные препараты. Был осмотрен кардиологом, выставлен диагноз «Гипертоническая болезнь 3 ст., АГ 2 ст., риск 2» (**табл. 4**).

Значение $p(X)$ меньше 0,8, что свидетельствует о не-высоком риске развития инсульта у больного из приме-

Таблица 4
Значения параметров $X1$ – $X2$, $z(X)$ и $p(X)$ у больного, работающего в условиях воздействия локальной вибрации и не имеющего в анамнезе данных о перенесённом инсульте

Параметры	Значение
Артериальная гипертензия 3 степени — $X1$	0
Отсутствие регулярного приёма гипотензивных препаратов — $X2$	0
$z(X)$	0
$p(X)$	0,5

Таблица 5
Значения параметров $X1$ – $X2$, $z(X)$ и $p(X)$ у больного, работающего в условиях воздействия локальной вибрации и не имеющего в анамнезе данных о перенесённом инсульте

Параметры	Значение
Артериальная гипертензия 3 степени — $X1$	0
Отсутствие регулярного приёма гипотензивных препаратов — $X2$	0
$z(X)$	0
$p(X)$	0,5

ра 3 (**табл. 4**). Полученный результат совпадает с реальной ситуацией — отсутствием инсульта у данного больного.

Пример 4. Больной Р., 56 лет. Работает шлифовщиком (класс условий труда — 3.1) в течение 28 лет. Был осмотрен неврологом, у больного отсутствовали данные о перенесённом инсульте. На момент осмотра АД — 120/80 мм рт. ст. Повышение АД до 145/80 мм рт. ст. в течение 2 лет. Больной проводит постоянный контроль АД и принимает регулярно гипотензивные препараты. Был осмотрен кардиологом, выставлен диагноз «Гипертоническая болезнь 1 ст., АГ 1 ст., риск 2» (**табл. 5**).

Значение $p(X)$ меньше 0,8, что свидетельствует о не-высоком риске развития инсульта у больного из примера 4 (**табл. 5**). Результат совпадает с реальной ситуацией — отсутствием инсульта у больного.

Ограничения исследования. Критерии исключения данного исследования: женский пол, возраст менее 30 и более 65 лет, диагноз «преходящее нарушение мозгового кровообращения», стаж работы менее 5 лет, наличие острых инфекционных заболеваний.

Выводы:

1. Для лиц, работающих в условиях воздействия локальной вибрации, установлены прогностически значимые факторы риска развития инсульта: наличие у больного диагноза «АГ 3 степени» (β -коэффициент=2,7, $p=0,001$), отсутствие приёма гипотензивных препаратов (β -коэффициент=1,3, $p=0,01$).

2. Предложенный способ прогнозирования развития инсульта у мужчин, работающих в условиях воздействия производственной локальной вибрации, позволяет оценить индивидуальный риск развития инсульта и может быть использован при первичных медицинских осмотрах для формирования групп риска и планирования профилактических мероприятий.

Список литературы

- Шпрах В.В., Стаховская Л.В., Клочихина О.А. Результаты шестилетнего исследования эпидемиологических параметров инсульта в Иркутской области. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2017; 37(5): 91–6.
- Caprio F.Z., Sorond F.A. Cerebrovascular disease: primary and secondary stroke prevention. *Med Clin North Am*. 2019; 103(2): 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.10.001>
- Vlachopoulos C., Xaplanteris P., Aboyans V., Brodmann M., Cosentino F., Cifrova R. et al. The role of vascular biomarkers for primary and secondary prevention. A position paper from the European Society of Cardiology Working Group on peripheral circulation: endorsed by the Association for Research into Arterial Structure and Physiology (ARTERY) Society. *Atherosclerosis*. 2015; 241(2): 507–32. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2015.05.007>
- Albus C. Psychosocial risk factors: Time for action in lifelong prevention of coronary heart disease. *Eur. J. Prevent. Cardiol*. 2017; 24(13): 1369–1370. <https://doi.org/10.1177/2047487317715770>
- Бухтияров И.В., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю. Временная нетрудоспособность работников в Российской Федерации. *Мед. труда и пром. экол*. 2022; 61(1): 4–18. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-4-18>

6. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления, и укрепления здоровья работающего населения России. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(9): 527–532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-9-527-532>
7. Герасименко О.Н., Чачибая З.К. Особенности системы гемостаза при артериальной гипертензии в сочетании с вибрационной болезнью в зависимости от типа вибрации. *Мед. труда и пром. экология.* 2014; 3: 7–11.
8. Сухаревкая Т.М., Ефремов А.В., Непомнящих Г.И., Лосева М.И., Потеряева Е.А. *Микроангио- и висцеропатии при вибрационной болезни.* Новосибирск: Институт молекулярной патологии и патоморфологии; 2000.
9. Krajnak K., Waugh S., Miller G.R., Johnson C. Recovery of vascular function after exposure to a single bout of segmental vibration. *J Toxicol Environ Health, Part A.* 2014; 77(7): 1061–1069. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.903813>
10. Тиунова М.И., Власова Е.М., Носов А.Е., Устинова О.Ю. Влияние производственного шума на развитие артериальной гипертензии у работников металлургических производств. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 4: 264–267. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267>
11. Смирнова Е.А., Потеряева Е.А., Никифорова Н.Г. Состояние процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у больных вибрационной болезнью в различные сроки послеконтактного периода. *Сибирское медицинское обозрение.* 2011; 4: 16–19.
12. Bovenzi M., Mauro M. Guidelines for occupational exposures to mechanical vibration. *G Ital Med Lav Ergon.* 2017; 39(3): 162–5. PMID: 29916580.
13. Sova S.H. The effects of local in brations central hemodynamics. *Lik Spravo.* 1999; 3: 68–71. PMID: 10474940.
14. Лахман О.А., Картапольцева Е.В., Катаманова Е.В. Сравнительный анализ электрической активности головного мозга у лиц с профессиональной и соматической патологией на основе топографического картирования. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; 1: 5–9.
15. Бодиенкова Г.М., Курчевенко С.И. *Способ донозологической диагностики нарушений здоровья от воздействия локальной вибрации:* пат. 2549435 С1 Рос. Федерация: МПК G01N33/53; № 2014109338/15.
16. Шевченко О.И., Лахман О.А. *Способ диагностики когнитивных нарушений при вибрационной болезни, связанной с воздействием локальной вибрации:* пат. 27120731 С1 Рос. Федерация: МПК А61В 5/16; № 2019113878
17. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В. (от имени экспертов). Клинические рекомендации. Диагностика, лечение артериальной гипертензии. *Системные гипертензии.* 2019; 16(1): 6–31. <https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.1.190179>
18. Максимов С.А., Индукаева Е.В., Артамонова Г.В. Распространённость курения в профессиональных группах Западной Сибири. *Профилактическая медицина.* 2015; 18(1): 28–31. <https://doi.org/10.17116/profmed201518128-31>
19. Бабанов С.А. Распространённость и социально-демографическая характеристика табакокурения среди трудоспособного населения. *Гигиена и санитария.* 2006; 4: 67–70.
20. Агibalова Т.В., Шустов Д.И., Тучина О.Д., Мухин А.А., Гуревич Г.Л. Стратегия снижения потребления алкоголя как новая возможность в терапии алкогольной зависимости. *Социальная и клиническая психиатрия.* 2015; 25(3): 61–68.

Elena L. Poteryaeva^{1,2}, Maria V. Yashnikova¹, Boris M. Doronin¹, Vladimir N. Maximov^{1,3}, Elena L. Smirnova^{1,3}

A method for predicting the development of stroke in men working under the influence of local vibration

¹Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Ave., Novosibirsk, 630091;

²Novosibirsk Research Institute of Hygiene, 7, Parkhomenko St., Novosibirsk, 630108;

³Scientific Research Institute of Therapy and Preventive Medicine — branch Federal Research Center for Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 175/1, B. Bogatkova St., Novosibirsk, 630089

Introduction. The problem of studying the development of stroke in men of working age working in conditions of high occupational risk remains relevant.

The study aims to develop a method for predicting the development of stroke in men working under the influence of local vibration.

Materials and methods. The survey included 136 men aged 30 to 65 years who have worked for 5 or more years in professions: mechanical assembly fitter, installer, grinder, miller, riveter, sharpener, moulder (class of working conditions — 3.1). We divided the study participants into two groups: the first group — 72 men with stroke, the second group — 64 men who had no history of stroke. The subjects of both groups were comparable in professional composition, age and work experience. Using the method of sequential inclusion of the studied stroke risk factors (Forward Stepwise), the researchers have identified those risk factors that have made a significant contribution to the possible development of stroke.

Results. Based on multifactorial analysis, the authors have derived a logistic regression formula that determines the probability of stroke in patients working under the influence of local vibration. The formula included significant factors that significantly contribute to the development of stroke: the patient's diagnosis of "arterial hypertension of the third degree" (β -coefficient=2.7, $p=0.001$), the absence of taking antihypertensive drugs (β -coefficient=1.3, $p=0.01$). To determine the probability of stroke, we determine the value of these two parameters and substitute them into the formula for calculating the value of $p(X)$. A value of $p(X)$ exceeding 0.8 indicates a high risk of stroke in men working under the influence of local vibration. The sensitivity of the proposed method was 72.2%, the specificity was 75.0%.

Limitations. The authors excluded from this study: female sex, age less than 30 and more than 65 years, diagnosis of "transient cerebrovascular accident", work experience of less than 5 years, the presence of acute infectious diseases.

Conclusion. The authors have revealed the prognostic value of a combination of individual risk factors for stroke in people working under the influence of local vibration (the presence of a diagnosis of "arterial hypertension of the third degree" in the patient, the absence of taking antihypertensive drugs). The multifactorial model is informative for the individual prediction of stroke in men when exposed to industrial local vibration.

Ethics. The researchers conducted the study in compliance with the "Ethical Principles of Conducting Scientific medical research with human participation" and "Rules of Clinical Practice in the Russian Federation", approved by Order of the Ministry of Health, Russian Federation, No. 266 dated 19.06.2003; approved by the Local Ethics Committee at the Federal State Budgetary Educational Institution of the Ministry of Health, Russian Federation (minutes of the meeting No. 65 dated 27.05.2014).

Keywords: stroke; men; local vibration; stroke risk prediction; mathematical model

For citation: Poteryaeva E.L., Yashnikova M.V., Doronin B.M., Maksimov V.N., Smirnova E.L. A method for predicting the development of stroke in men working under the influence of local vibration. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(3): 159–168. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-159-168>

For correspondence: Maria V. Yashnikova, Assistant of the Department of Emergency Therapy with Endocrinology and Occupational Pathology, Novosibirsk State Medical University, Ministry of Health of Russia, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: yash-maria@mail.ru

Information about author: Poteryaeva E.L. <https://orcid.org/0000-0003-1068-2431>

Yashnikova M.V. <https://orcid.org/0000-0002-3943-8929>

Doronin B.M. <https://orcid.org/0000-0003-4229-2710>

Maximov V.N. <https://orcid.org/0000-0002-7165-4496>

Smirnova E.L. <https://orcid.org/0000-0001-8283-2342>

Contribution:

Poteryaeva E.L. — research concept and design, editing;

Yashnikova M.V. — research concept and design, data collection and processing, writing the text;

Doronin B.M. — research concept and design;

Maksimov V.N. — static processing of research material;

Smirnova E.L. — data collection and processing.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 01.04.2022 / Accepted: 18.04.2022 / Published: 25.04.2022

Introduction. The problem of stroke, despite the successes achieved in solving it, remains relevant both in the Russian Federation and in the world as a whole, because it is one of the leading causes of mortality and disability [1, 2]. It is known about a significant reduction in stroke mortality in a number of developed countries, which is a consequence of preventive measures aimed at correcting risk factors [3, 4].

In conditions of shortage of labor resources, strengthening and preserving the health of the economically active population of Russia is of particular importance, and among the priorities of health care development is the task of

reducing the level of labor losses [5]. In the structure of chronic occupational diseases in the Russian Federation, occupational pathology from the effects of physical factors (industrial vibration and noise) is in the first place [6].

Destabilization of cell membranes is the primary mechanism of the damaging effect of vibration. Industrial vibration causes significant changes in the endothelium of the vessel walls, changes in the remodeling of erythrocytes, disorders in the fibrinolysis and hemostasis system [7–9].

Workers of vibration-hazardous professions develop systemic angiotrophoneurosis due to angiopathy, which

contributes to the formation of many visceral lesions. It was noted that in 34.6% of workers of vibration-hazardous professions, the leading place in the structure of diseases belongs to lesions of the cardiovascular system in the form of arterial hypertension, coronary heart disease, systemic atherosclerosis, especially with an increase in contact experience [10–12].

Analysis of the literature data shows that there are few works by domestic and foreign authors on the study of cerebral circulation under the influence of vibration.

Some authors note that when local vibration and its accompanying adverse factors affect the body, the same changes occur in the cerebral circulation system as in the vascular network of the upper extremities, which apparently indicates the reflex nature of these cerebral disorders and the "general" effect of "local" vibration on the body [13].

When examining the pickers-riveters working in contact with local vibration, we have revealed certain dynamics of the growth of changes in electroencephalography (EEG). As the experience of working with vibration increases, the type of EEG changes from organized to disorganized and desynchronous, signs of dysfunction of the upper-stem structures were recorded [14].

In this regard, the prediction of the development of cardiovascular diseases, including stroke, in people of working age, taking into account the influence of harmful production factors, is of particular importance.

The literature describes patent-protected methods for predicting the development of pathology of the cardiovascular and nervous systems (the database of patent documents of the Federal State Budgetary Institution "Federal Institute of Industrial Property" and the PATENTSCOPE database of the World Intellectual Property Organization) for persons working under the influence of industrial vibration:

- a method for prenosological diagnosis of health disorders from exposure to local vibration (RF patent No. 2549435 C1) [15];
- a method for diagnosing cognitive impairment in vibration disease associated with exposure to local vibration (RF Patent No. 2712073 C1) [16].

At the same time, there are very few studies that determine ways to predict stroke in workers with high occupational risk, including those working under the influence of local vibration.

The study aims to develop a method for predicting the development of stroke in men working under the influence of local vibration.

Materials and methods. To calculate the prediction of the probability of stroke in people with exposure to local vibration, the authors examined two groups of men aged 30 to 65 years, who were representatives of the following professions: mechanical assembly fitter, installer, grinder, miller, riveter, sharpener, moulder (class of working conditions — 3.1). Work experience was 5 years or more.

The first group of examined patients consisted of 72 men with stroke who worked in contact with local vibration. The average age of patients in this group was (55.8 ± 0.8) years. The average work experience at the time of stroke development is (31.6 ± 0.8) years. The researchers diagnosed a stroke in accordance with the International Classification of Diseases X revision. The authors carried out verification of the stroke diagnosis on the basis of data from a comprehensive clinical, functional and instrumental examination (computed tomography of the brain).

The second group consisted of 64 men who worked in contact with local vibration but had no history of stroke. The average age of patients in the second group was (56.3 ± 0.6) years. The average work experience is (29.7 ± 1.4) years. We compared two study groups by age and experience.

The researchers studied risk factors for stroke in the first and second groups: age, work experience; presence of arterial hypertension (AH), degree of AH; control of the patient's blood pressure; taking antihypertensive drugs; a history of coronary heart disease (CHD), atrial fibrillation (AF), total cholesterol, the presence of dyslipidemia factor (DLP), diabetes mellitus (DM), factors of smoking and alcohol abuse.

The group of patients with hypertension, according to the recommendations of WHO and ESH/ESC 2018, included patients who had systolic blood pressure of 140 mm Hg or more, diastolic blood pressure of 90 mm Hg or more, as well as patients with a history of hypertension who took antihypertensive drugs at the time of stroke [17]. In accordance with the criteria of WHO and ESH/ESC 2018, when determining the degree of hypertension, we guided by the values of systolic blood pressure (SDP) and diastolic blood pressure (DBP): first degree 140–159/90–99 mm Hg, second degree — 160–179/100–109 mm Hg, third degree — $> 180/100$ mm Hg.

The researchers performed an electrocardiography according to the generally accepted method on a twelve-channel electrocardiograph. The authors confirmed a presence of a history of myocardial infarction by appropriate medical documents (outpatient cards, discharge epicrisis).

Scientists conducted a study of glucose by photometric method at the endpoint using a specialized biochemical photometer of the Microlab 540 type (Russia). Authors carried out the study of the level of lipid profile indicators by the enzymatic colometric direct method on the biochemical analyzer "AU 480" of the company "Bechman Coulter" (USA).

Those who smoked at least one cigarette a day, as well as those who quit smoking less than 1 year ago, were recognized as smokers [18, 19].

The authors established an alcohol abuse in the case of its systematic intake (at least once every 7 days) in the amount of at least 200 grams translated into ethyl alcohol per week [20].

The researchers carried out a statistical processing of the obtained data according to generally accepted methods using the application programs Statistica version 6.0 and SPSS Statistic version 13.0. The development of a mathematical model for predicting the development of stroke in men, whose profession is associated with the impact of local vibration, consisted of a number of stages. To determine the reliability of differences in features (factors), an analysis of conjugacy tables we used (Pearson's criterion χ^2 , as well as a two-sided Fisher exact test if the expected value in at least one cell of the conjugacy table was less than 5). To build a prognostic model of stroke risk and identify significant indicators that make a significant contribution to the development of stroke, the authors used the method of binary logistic regression according to the Wald algorithm, both for individual variables and for groups of variables with their step-by-step inclusion in the system (Forward Stepwise). In accordance with the principles of evidence-based medicine, we calculated the β -coefficient, the relative risk and its confidence interval (95.0%). The researchers conducted the selection of a

Table 1

Indicators used in the prognostic regression model of stroke risk in men exposed to local vibration

Risk factors	β -coefficient	χ^2 Wald	p	Relative risk	95% Confidence interval
Arterial hypertension of the third degree	2,7	29,6	0,001	14,9	5,6–39,6
Absence of taking antihypertensive drugs	1,3	6,6	0,01	3,6	1,3–9,6

combination of stroke risk factors taking into account a larger number of predicted outcomes. We used the ROC analysis to calculate threshold values of sensitivity and specificity.

Results and discussion. The authors found factors that make a significant contribution to the possible development of stroke in men working under the influence of local vibration (**Table 1**): the presence of a patient with a diagnosis of "arterial hypertension of the third degree" (β -coefficient = 2.7, $p=0.001$), the absence of taking antihypertensive drugs (β -coefficient = 1.3, $p=0.01$).

In the obtained regression model, there were no generally accepted risk factors for stroke, such as smoking factor, alcohol abuse factor, coronary heart disease, atrial fibrillation, diabetes mellitus, which is explained by the lack of differences between both groups on these factors, these factors had a strong correlation with the factors included in the final model (adding these factors to the model did not improve forecast accuracy).

Based on the analysis, scientists determined the following logistic regression formula, which determines the probability of stroke in this production group:

$$p(X) = \frac{1}{1 + e^{-z(X)}},$$

where $z(X) = 2.7 \times X1 + 1.3 \times X2$; $X1$ — the presence or absence of a diagnosis of "Arterial hypertension of the third degree" (in the presence of factor $X1$ takes the value "1", in the absence — "0"); $X2$ — the absence of regular intake of antihypertensive drugs (in the presence of factor $X1$ takes the value "1", in the absence — "0").

The scientists implemented the proposed prediction model as follows: the researchers determine the value of these two parameters in an employee who is in contact with a local vibration, then the researchers substitute these values into the appropriate formula. Scientists implement the calculation of the value of $p(X)$ in an Excel spreadsheet processor.

A $p(X)$ value exceeding 0.8 indicates a high risk of stroke in men working under the influence of local vibration. This value of $p(X)$ gives the optimal ratio (the highest) of sensitivity and specificity.

The sensitivity of the proposed method was 72.2%, the specificity was 75.0%.

Below are examples of predicting the development of stroke using the proposed mathematical model.

Example 1. Patient S., 55 years old, worked as a mechanic of mechanical assembly works under conditions of exposure mainly to local vibration (class of working conditions — 3.1) for 22 years, was in neurological department with a diagnosis of «hemorrhagic stroke». In the anamnesis: an increase in blood pressure for five years to 180/110 mm Hg. Blood pressure at the time of stroke development was 140/80 mm Hg. Blood pressure was monitored, but the patient did not take antihypertensive drugs regularly. After examination by a cardiologist, the diagnosis is "hypertension

of the third degree", "Arterial hypertension of the third degree", "risk four" (**Table 2**).

The obtained value of $p(X)$ exceeds 0.8, which indicates a high risk of stroke in the patient from the example (**Table 2**). The conclusion made on the basis of calculations coincides with the real situation — the development of stroke in the patient.

Table 2

The values of parameters $X1$ – $X2$, $z(X)$ and $p(X)$ in a stroke patient working under the influence of local vibration

Parameters	Value
Arterial hypertension of the third degree — $X1$	1
Absence of regular intake of antihypertensive drugs — $X2$	1
$z(X)$	4
$p(X)$	0.98201

Example 2. Patient K., 59 years old, worked as a milling cutter under conditions of exposure mainly to local vibration (class of working conditions — 3.1) for 33 years, was in the neurological department with a diagnosis of "ischemic stroke". Anamnesis: increase in blood pressure for 5 years to 250/120 mm Hg. Blood pressure at the time of stroke was 180/110 mm Hg. The patient took antihypertensive drugs regularly. After examination by a cardiologist, the diagnosis is "hypertension of the third degree", "Arterial hypertension of the third degree", "risk four" (**Table 3**).

The obtained value of $p(X)$ exceeds 0.8, which indicates a high risk of stroke in the patient from the example (**Table 3**).

Table 3

The values of parameters $X1$ – $X2$, $z(X)$ and $p(X)$ in a stroke patient working under the influence of local vibration

Parameters	Value
Arterial hypertension of the third degree — $X1$	1
Absence of regular intake of antihypertensive drugs — $X2$	0
$z(X)$	2.7
$p(X)$	0.93703

Example 3. Patient K., 51 years old, works as a sharpener (class of working conditions — 3.1) for 30 years, was on treatment in the Clinic of the Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene. There was a neurologist's examination, the patient had no history of a stroke. At the time of the examination, blood pressure was 170/100 mm Hg. The increase in blood pressure to 160/100 mm Hg.

for 8 years. The patient constantly monitors blood pressure and regularly takes antihypertensive drugs. After examination by a cardiologist, the diagnosis is "hypertension of the third degree", "Arterial hypertension of the second degree", "risk two" (**Table 4**).

The value of $p(X)$ is less than 0.8, which indicates a low risk of stroke in the patient from Example 3 (**Table 4**). The result obtained coincides with the real situation — the absence of a stroke in this patient.

Table 4
The values of parameters X1–X2, $z(X)$ and $p(X)$ in a patient, working under the influence of local vibration and not having history of stroke

Parameters	Value
Arterial hypertension of the third degree — X1	0
Absence of regular intake of antihypertensive drugs — X2	0
$z(X)$	0
$p(X)$	0.5

Example 4. Patient R., 56 years old, works as a grinder (working conditions class — 3.1) for 28 years. There was examination by a neurologist: the patient had no data on a stroke. At the time of the examination, blood pressure is 120/80 mm Hg. The increase in blood pressure to 145/80 mm Hg. for 2 years. The patient constantly monitors blood pressure and regularly takes antihypertensive drugs. After examination by cardiologist examined, the diagnosis is "Hypertension of the first degree", "Arterial hypertension of the first degree", "risk two" (**Table 5**).

Table 4
The values of parameters X1–X2, $z(X)$ and $p(X)$ in a patient, working under the influence of local vibration and not having history of stroke

Parameters	Value
Arterial hypertension of the third degree — X1	0
Absence of regular intake of antihypertensive drugs — X2	0
$z(X)$	0
$p(X)$	0.5

The value of $p(X)$ is less than 0.8, which indicates a low risk of stroke in the patient from Example 4 (**Table 5**). The result coincides with the real situation — the absence of a stroke in the patient.

Limitations. Exclusion criteria for this study: female, age less than 30 and more than 65 years, diagnosis of "transient cerebrovascular accident", work experience of less than 5 years, the presence of acute infectious diseases.

Conclusions:

1. For people working under the influence of local vibration the researchers have established prognostically significant risk factors for stroke development: the patient has a diagnosis of "Arterial hypertension of the third degree" (β -coefficient=2.7, $p=0.001$), the absence of taking antihypertensive drugs (β -coefficient=1.3, $p=0.01$).

2. The proposed method for predicting the development of stroke in men working under the influence of local industrial vibration allows to assess the individual risk of stroke and it can use during primary medical examinations to form risk groups and plan preventive measures.

References

- Shprakh V.V., Stakhovskaya L.V., Klochikhina O.A. Results of a six-year study of the epidemiological parameters of stroke in the Irkutsk region. *Sibirskij nauchnyj meditsinskij zhurnal*. 2017; 37(5): 91–6 (in Russian).
- Caprio F.Z., Sorond F.A. Cerebrovascular disease: primary and secondary stroke prevention. *Med Clin North Am*. 2019; 103(2): 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.10.001>
- Vlachopoulos C., Xaplanteris P., Aboyans V., Brodmann M., Cosentino F., Cifrova R. et al. The role of vascular biomarkers for primary and secondary prevention. A position paper from the European Society of Cardiology Working Group on peripheral circulation: endorsed by the Association for Research into Arterial Structure and Physiology (ARTERY) Society. *Atherosclerosis*. 2015; 241(2): 507–32. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2015.05.007>
- Albus C. Psychosocial risk factors: Time for action in lifelong prevention of coronary heart disease. *Eur. J. Prevent. Cardiol*. 2017; 24(13): 1369–70. <https://doi.org/10.1177/2047487317715770>
- Bukhtiyarov I.V., Tikhonova G.I., Churanova A.N., Gorchakova T.Yu. Temporal disability of employees in the Russian Federation. *Med. truda i prom. ecol*. 2022; 61(1): 4–18. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-4-18> (in Russian).
- Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Med. truda i prom. ecol*. 2019; (9): 527–32. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532> (in Russian).
- Gerasimenko O.N., Chachibaya Z.K. Features of the hemostasis system in arterial hypertension in combination with vibration disease, depending on the type of vibration. *Med. truda i prom. ecol*. 2014; 3: 7–11 (in Russian).
- Sukharevskaya T.M., Efremov A.V., Nepomnyashchikh G.I., Loseva M.I., Poteryaeva E.L. *Microangio- and visceropathy in vibration disease*. Novosibirsk: Institute of Molecular Pathology and Pathomorphology; 2000 (in Russian).
- Krajnak K., Waugh S., Miller G.R., Johnson C. Recovery of vascular function after exposure to a single bout of segmental vibration. *J Toxicol Environ Health, Part A*. 2014; 77(7): 1061–9. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.903813>
- Tiunova M.I., Vlasova E.M., Nosov A.E., Ustinova O.Y. Influence of industrial noise on the development of arterial hypertension in workers of metallurgical manufactures. *Med. truda i prom. ecol*. 2020; (4): 264–267. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267> (in Russian).
- Smirnova E.L., Poteryaeva E.L., Nikiforova N.G. Status of processes of lipid peroxidation and antioxidant protection in patients with vibration disease at different times of the postcontact period. *Siberian Medical Review*. 2011; 4: 16–19 (in Russian).
- Bovenzi M., Mauro M. Guidelines for occupational exposures to mechanical vibration. *G Ital Med Lav Ergon*. 2017; 39(3): 162–165. PMID: 29916580.
- Sova S.H. The effects of local in brations central hemodynamics. *Lik Spravo*. 1999; 3: 68–71. PMID: 10474940.
- Lakhman O.L., Kartapoltseva E.V., Katamanova E.V. Comparative analysis of the electrical activity of the brain in

- persons with occupational and somatic pathology based on topographic mapping. *Med. truda i prom. ecol.* 2009; 1: 5–9 (in Russian).
15. Bodyenkova G.M., Kurchevenko S.I. *The method of prenosological diagnosis of health disorders from the impact of local vibration.* Patent No. 2549435 C1; 2014 (in Russian).
 16. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. *A method for diagnosing cognitive impairment in vibration disease associated with the impact of local vibration.* Patent No. 27120731 C1; 2019 (in Russian).
 17. Chazova I.E., Zhernakova Yu.V. (On behalf of experts) Clinical recommendations. Diagnosis and treatment of arterial hypertension. *Sistemnyye gipertenzii.* 2019; 16(1): 6–31. <https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.1.190179> (in Russian).
 18. Maksimov S.A., Indukaeva E.V., Artamonova G.V. Spread of smoking in the occupational groups of Western Siberia. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2015; 18(1): 28–31. <https://doi.org/10.17116/profmed201518128-31> (in Russian).
 19. Babanov S.A. Prevalence and socio-demographic characteristics of tobacco smoking among the working population. *Gigiena i sanitariya.* 2006; 4: 67–70 (in Russian).
 20. Agibalova T.V., Tuchina O.D., Shustov D.I., Mukhin A.A., Gurevich G.L. Alcohol use reduction strategy as alternative treatment for alcohol dependence. *Sotsialnaya i klinicheskaya psikhatriya.* 2015; 25(3): 61–68 (in Russian).