



Международная научная конференция
«Фундаментальные и прикладные исследования в медицине»,
посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ

и

VI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых
«Экология и здоровье населения»

Показатели сердечно-сосудистой системы крыс в динамике после воздействия дыма природных пожаров

Авторы: Якимова Н.Л., к.б.н.

Лизарев А.В., к.м.н.

Соседова Л.М., д.м.н.,
профессор

Вокина В.А., к.б.н.

о. Ольхон, п. Хужир, Иркутская область,
15-19 сентября 2025 г.



Актуальность исследования

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются ведущей причиной смертности, унося 17,9 миллионов жизней в год. В России доля смертей от ССЗ также высока, превышает 40% от общего числа смертей.

Загрязнение воздуха, в том числе от задымления при пожарах, является фактором риска развития ССЗ. Дым природных пожаров оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую систему (ССС) человека, повышает риск развития сердечной недостаточности, может усугубить существующие проблемы с сердцем и ускорить развитие атеросклероза (Diann E. Gaalema, 2022; Chen H., 2021; Hadley M.B., 2022). Относительно слабые, но частые природные пожары оказывают столь же значимое негативное действие на здоровье сердца, как и редкие, но мощные возгорания (ACC, 2025).

Основным газообразным продуктом горения, образующимся на пожарах и вызывающим интоксикации, является монооксид углерода (CO) (Тиунов Л.А., 1980; Пузач С.В. 2010; Као L.W., 2005). CO может иметь два независимых кардиотоксических эффекта, это может быть обусловлено повышением продукции оксидантов под действием CO, в одном случае H_2O_2 и в другом – пероксинитрита (Ashvin P Patel , 2004). Доказано влияние продуктов горения природных пожаров на ЦНС крыс (Вокина В.А., 2019).

Однако, несмотря на многочисленные исследования, данные об эффектах влияния дыма природных пожаров и, в частности, торфяного дыма на состояние ССС остаются изученными недостаточно и сопровождаются противоречивыми результатами (Lankaputhra M., 2023; Martin W.K., 2023). Важным является определение критических сроков проявления и сохранения изменений в динамике постконтактного периода после интоксикации дымом.



Цель исследования

- изучение показателей ЭКГ крыс в динамике постконтактного периода

воздействия продуктов горения природных пожаров





Объекты исследования

Крысы - самцы Wistar половозрелые (n=20)

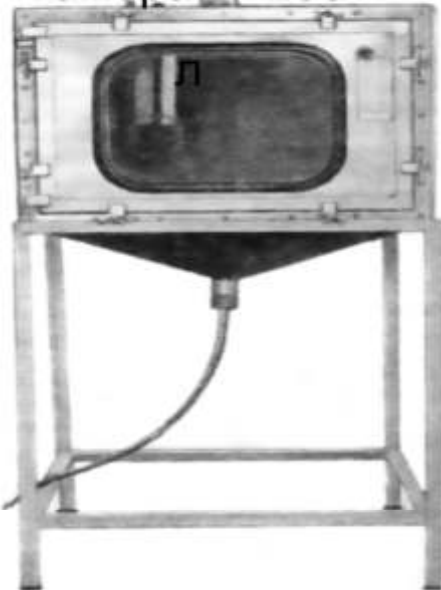


Режим и условия воздействия

Продолжительность экспозиции дымом торфа 5 суток, по 4 часа в сутки

Затравочная Концентрации СО в затравочной камере 20,0-25,0 мг/м³ (17,0-21,3 ppm)

камера V=200



Этапы обследования

До воздействия дымом (фоновое обследование)

На 3-и сутки после окончания воздействия дымом

через 10 суток

через 30 суток





Методы и материалы

Экспозиционная установка для воздействия дымом

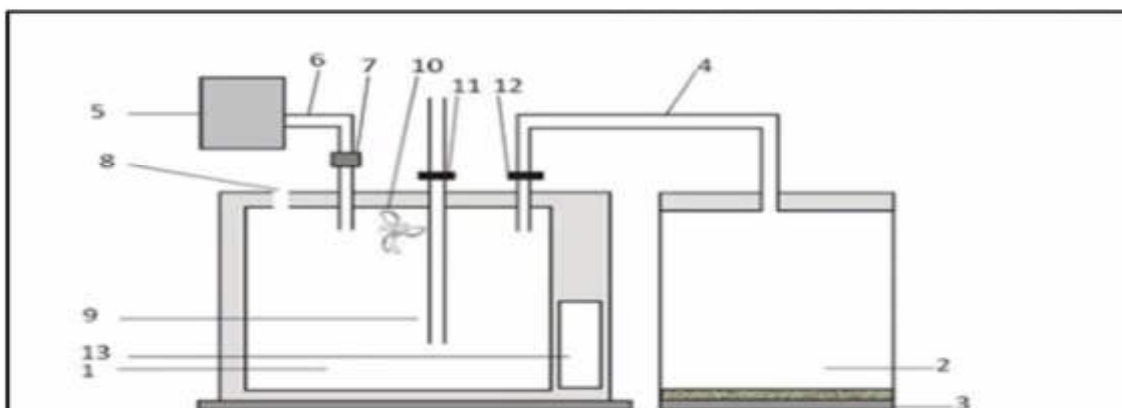


Рисунок - Экспозиционная установка для моделирования лесного пожара.

Экспозиционная камера (1), металлическая емкость (2), нагревательный элемент (3), подающая трубка (4), компрессор (5), шланг (6), ротаметр (7), отверстие для выхода отработанных газов (8), зонд (9) вентилятор (10); заслонки (11) и (12), закрывающееся отверстие (13)

Газоанализатор ГАНК

Контроль концентраций CO



Модель природного пожара создавали в экспозиционной установке при содержании оксида углерода на уровне 20,0-25,0 мг/м³ (17,0-21,3 ppm)



Методы и материалы

Функциональные методы



Физиобелт – не инвазивный метод регистрации ЭКГ у крыс. Улучшенные характеристики прибора делают его удобным и эффективным инструментом для проведения различных физиологических исследований, особенно в области изучения сердечной деятельности животных. Важным является возможность изучать ЭКГ без седации.



Систола - система не инвазивного измерения кровяного давления у крыс с помощью встроенной электрической воздушной помпы, на основе показаний инфракрасного датчика пульса.

Статистический анализ

Непараметрические методы

для сравнения независимых выборок использовали U-критерий Mann-Whitney test,

для сравнения связанных (зависимых) выборок - Wilcoxon signed-rank test.

Различия между группами значимы при $p < 0,05$.

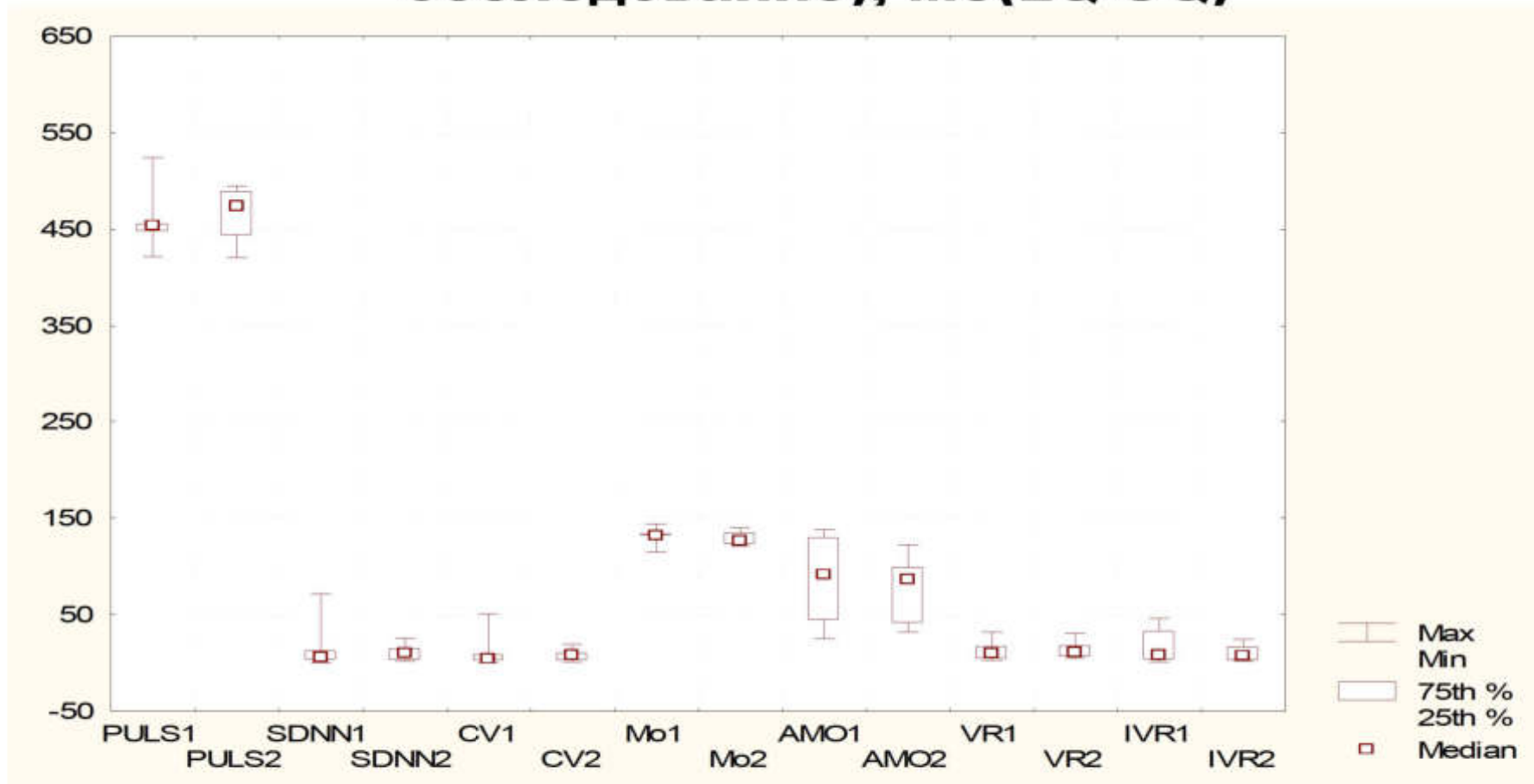


Исследуемые показатели ЭКГ

- частота сердечных сокращений (ЧСС, PULS, уд./мин.);
- стандартное отклонение временного ряда кардиоинтервалов (SDNN, мс);
- Мода - наиболее часто встречающаяся величина RR интервалов в исследуемый период времени (Mo);
- амплитуда Моды - ее процентное значение (AMo);
- вариационный размах - разница между максимальными и минимальными значениями RR интервалов (BP, VR);
- индекс вегетативного равновесия (IBP, IVR); формула:
 $IBP = AMo / BP$
- Коэффициент вариации (CV, %); формула: **$CV = SDNN / RRNN * 100\%$**



Показатели ЭКГ до воздействия дымом (фоновое обследование), Me(LQ-UQ)



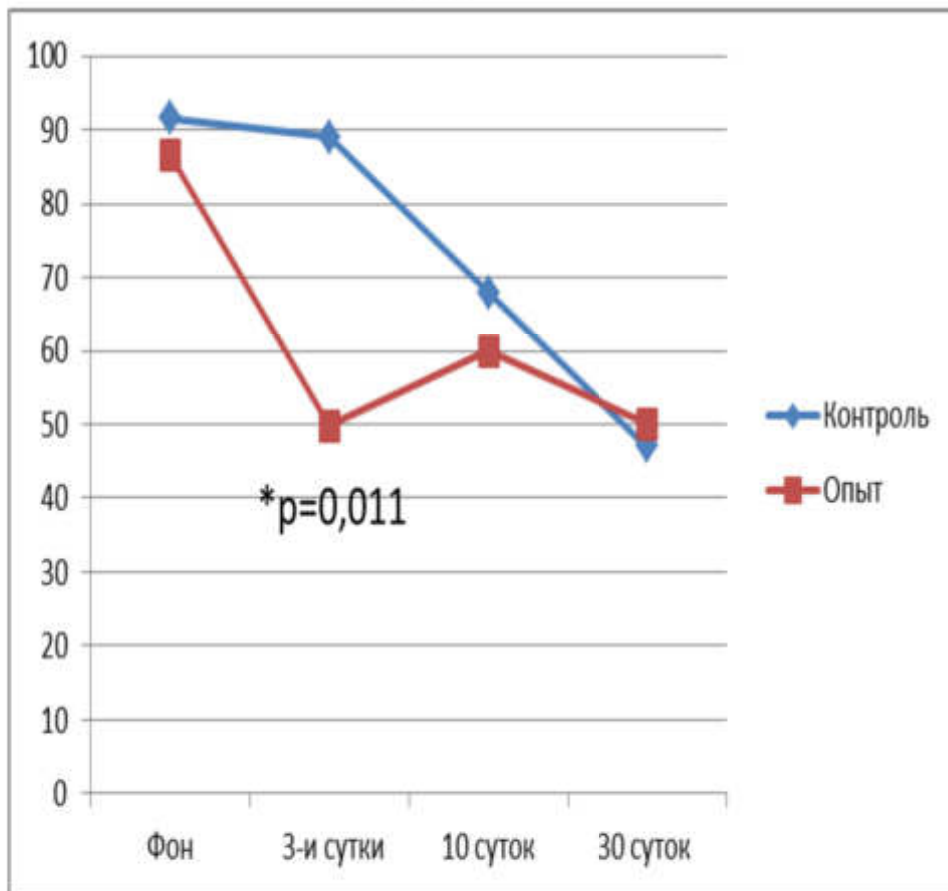
Примечание: Обозначение. 1 – контроль; 2 - опыт

При фоновом ЭКГ- обследовании между опытной и контрольной группами статистически значимых различий не установлено.

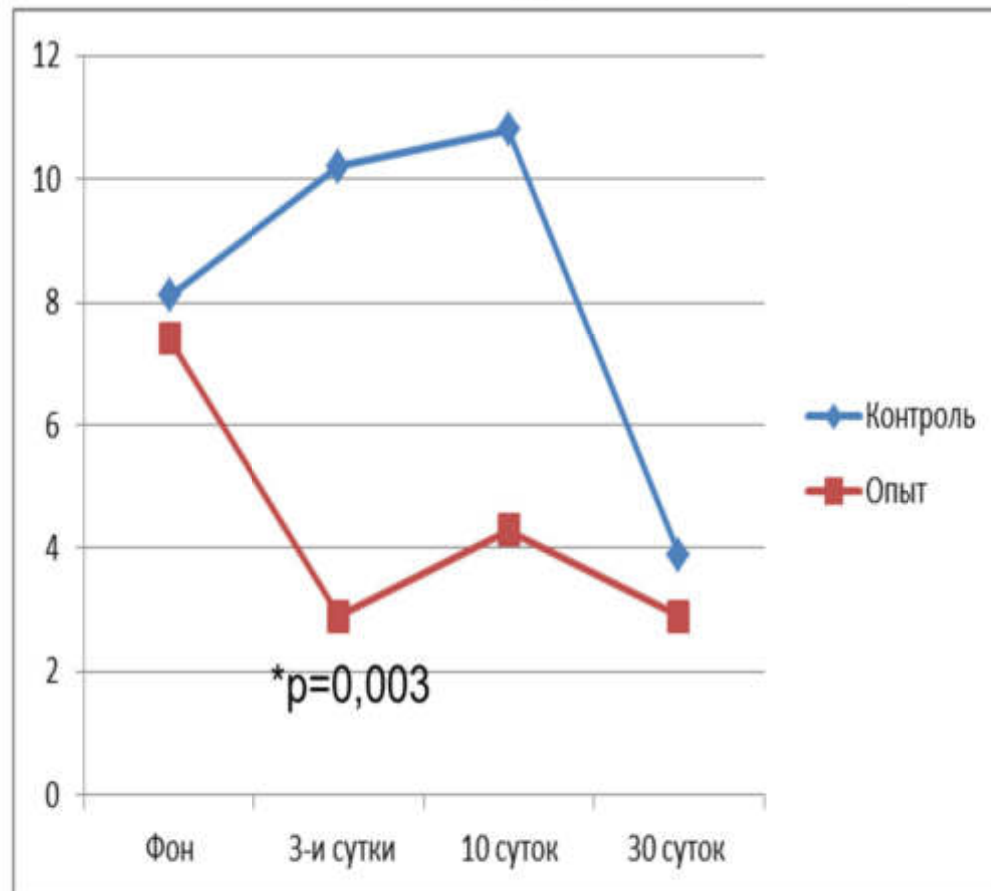


Показатели ЭКГ в динамике после воздействия дымом

АМ₀



ИВР

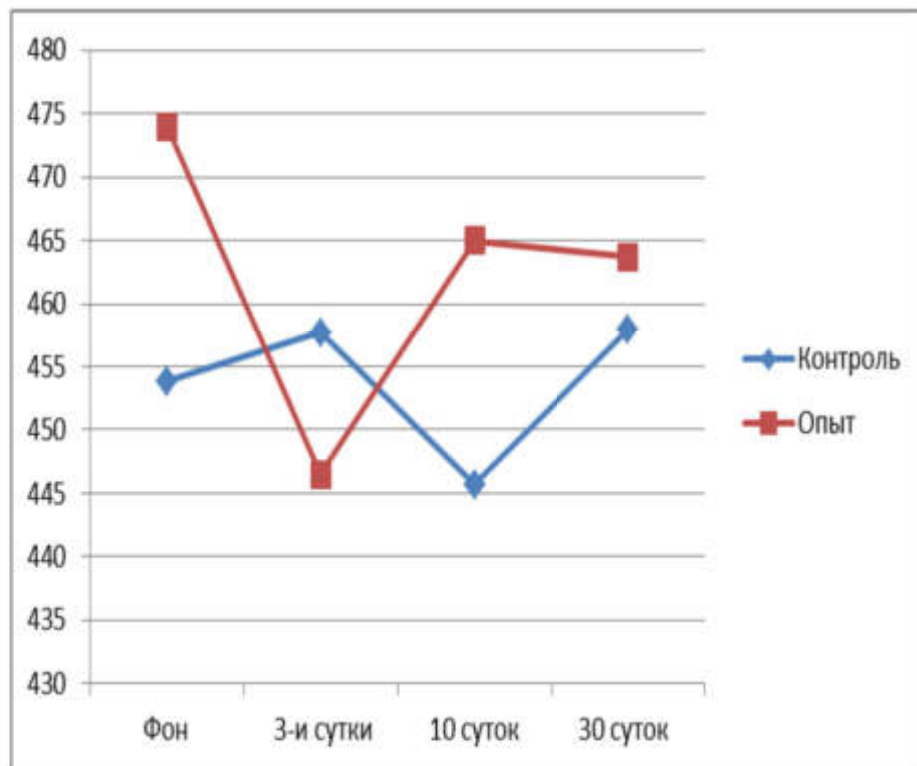


Примечание: * - различия между контрольной и опытной группами по критерию Манна-Уитни при $p < 0.05$. В динамике после окончания экспозиции дымом на ЭКГ крыс только на 3-и сутки снижались амплитуда М₀ и индекс вегетативного равновесия, к 30-м суткам наблюдения показатели опытной и контрольной групп сравнялись.

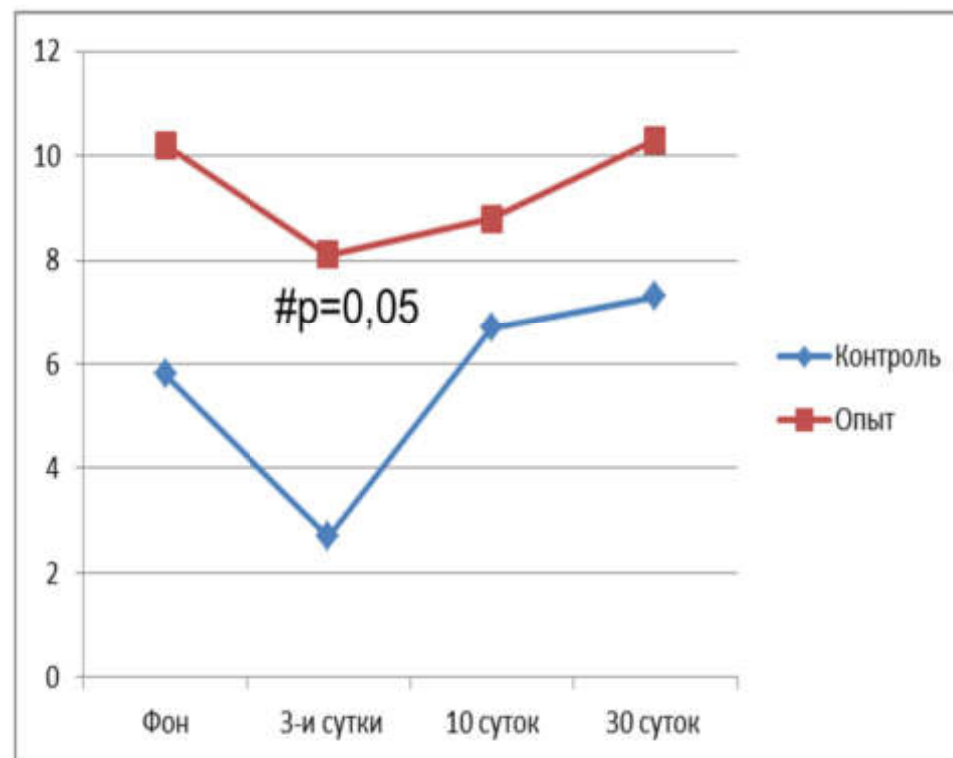


Показатели ЭКГ в динамике после воздействия дымом

ЧСС, уд./мин.



SDNN, мс

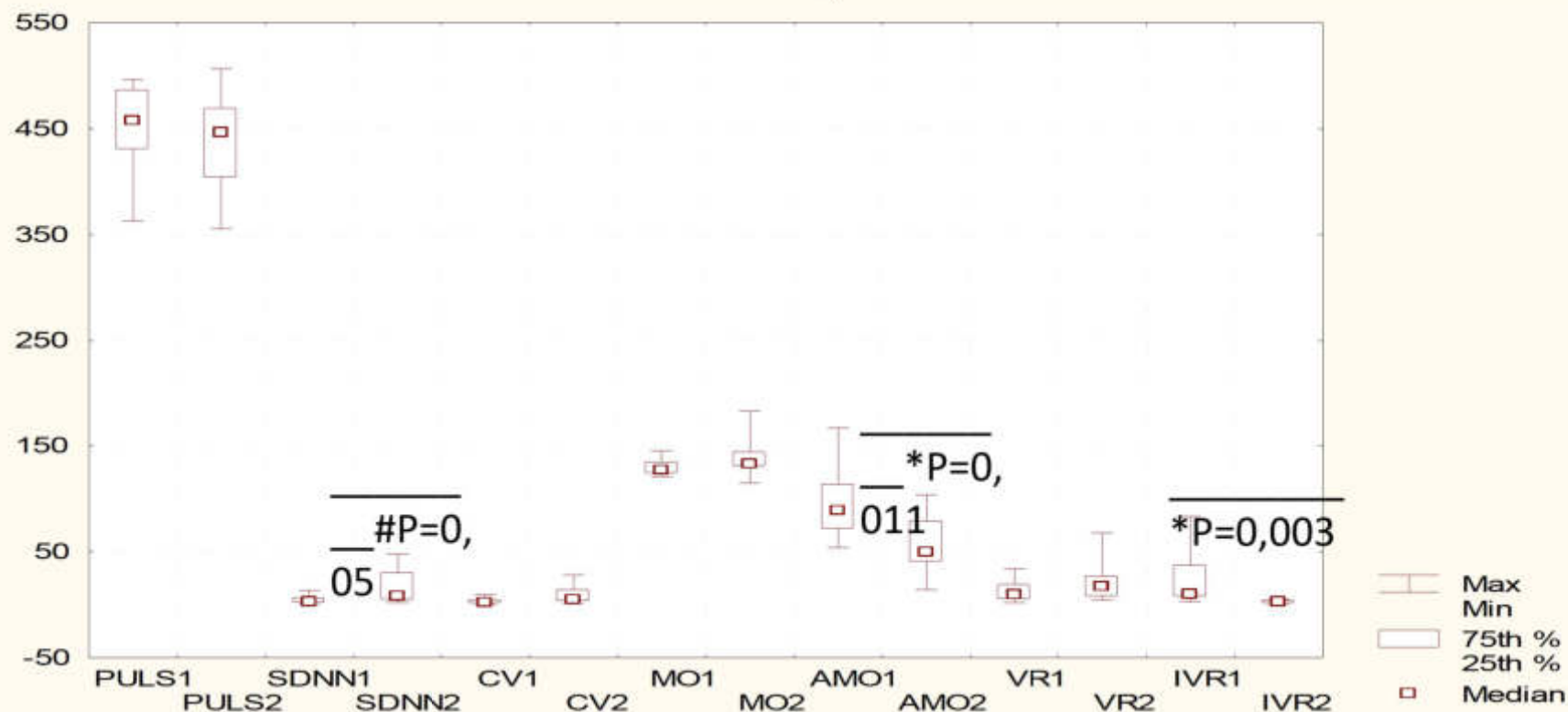


Примечание: # - различия на уровне тенденции между контрольными и опытными группами по критерию Манна-Уитни при $p < 0.05$

У особей опытной группы сразу после окончания воздействия стандартное отклонение временного ряда кардиоинтервалов (SDNN) уменьшалось в виде тенденции, а с 10-х суток наблюдений не различалось между группами.



Показатели ЭКГ в несвязанных выборках на 3-и сутки после воздействия дымом, Me(LQ-UQ)

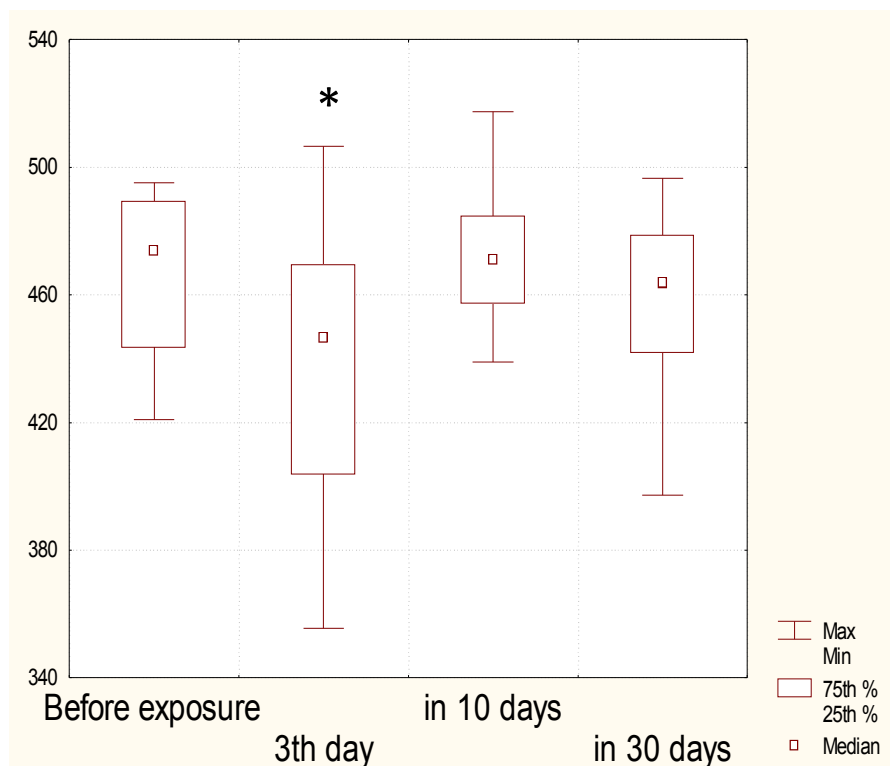


Примечание: Обозначение. 1 – контроль; 2 – опыт. * - различия между контрольными и опытными группами по критерию Манна-Уитни при $p < 0.05$; # - различия на уровне тенденции между контрольными и опытными группами

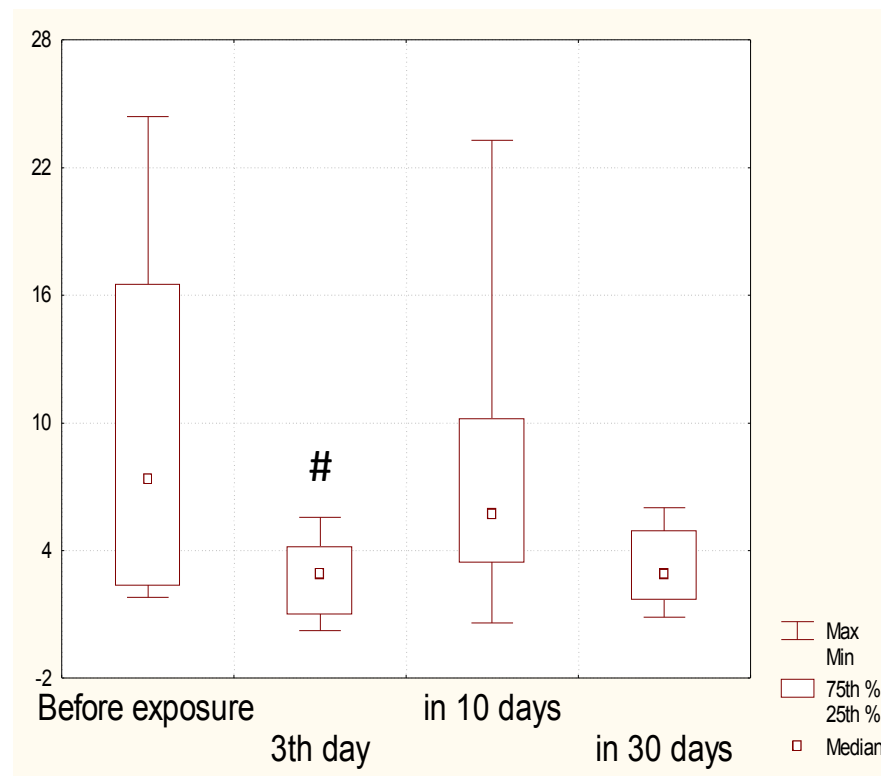
Увеличение стандартного отклонения величины нормальных RR-интервалов (SDNN) указывает на нестабильность сердечного ритма у животных опытной группы по сравнению с интактными крысами (Chen H., 2021). Уменьшение ИВР (IVR) у крыс опытной группы сразу после окончания экспозиции дымом по сравнению с этим показателем ЭКГ у контрольных особей связан с дисбалансом между симпатическим и парасимпатическим отделами нервной системы (Волотова Е.В., 2008).

Показатели в динамике обследования опытной группы (связанные выборки)

ЧСС, уд./мин.



ИВР

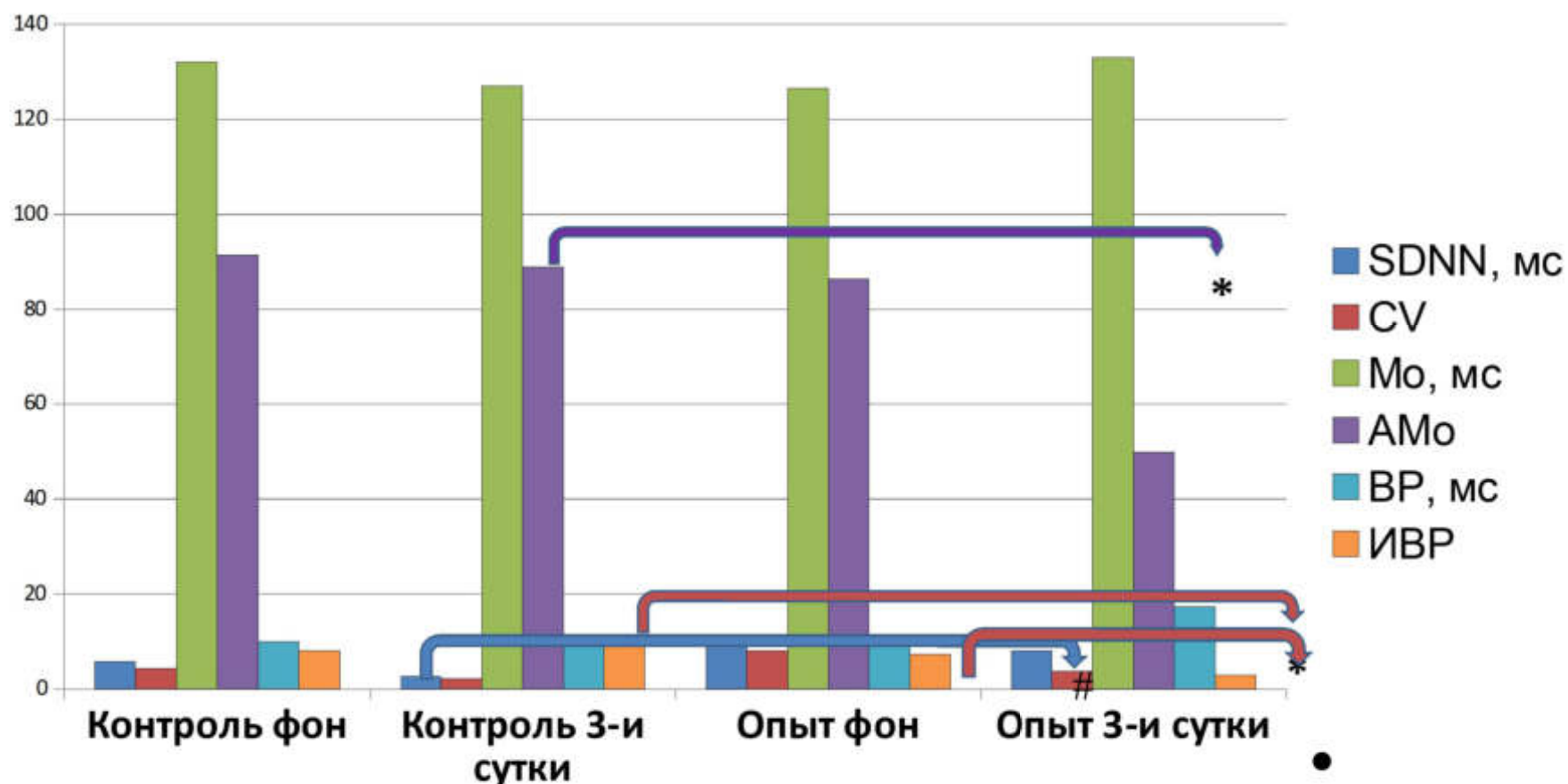


Примечание: * - различия между связанными группами по критерию Вилкоксона при $p < 0.05$; # - различия на уровне тенденции между связанными группами по критерию Вилкоксона

В связанной выборке опытной группы на 3-и сутки после окончания экспозиции дымом было установлено уменьшение ЧСС, имелась тенденция к снижению ИВР по сравнению с фоновыми показателями. В то время, как в связанной выборке контрольной группы в динамике обследования параметры ЭКГ не различались.



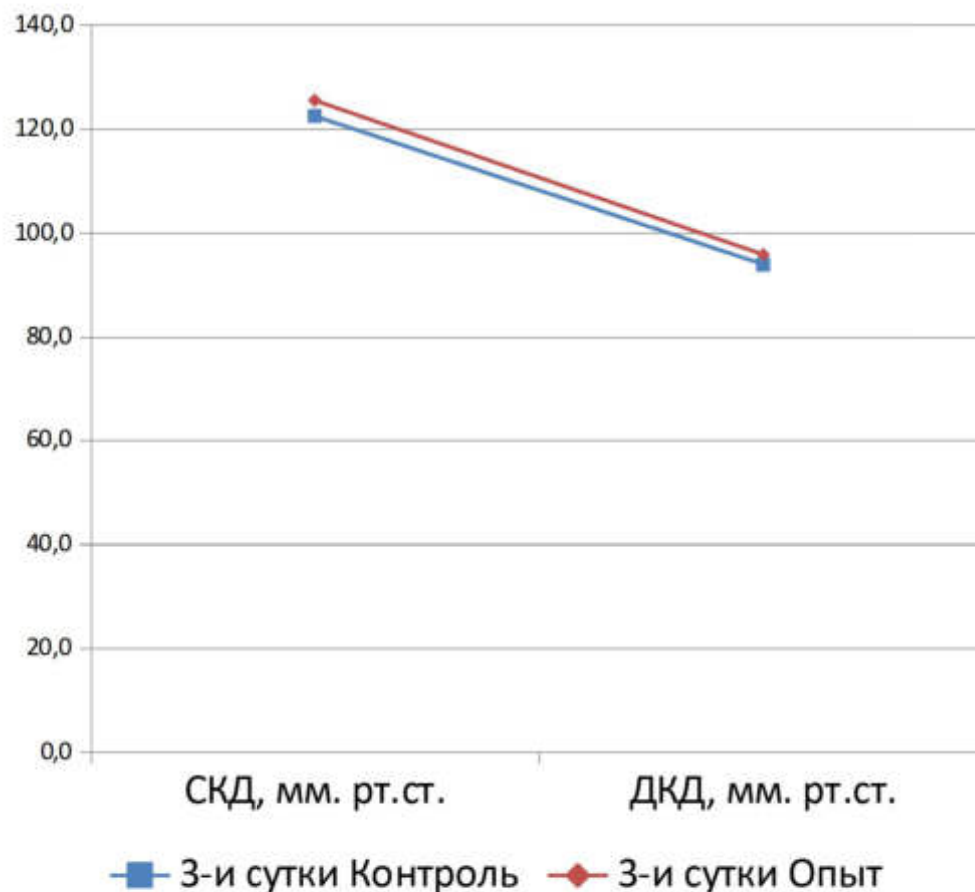
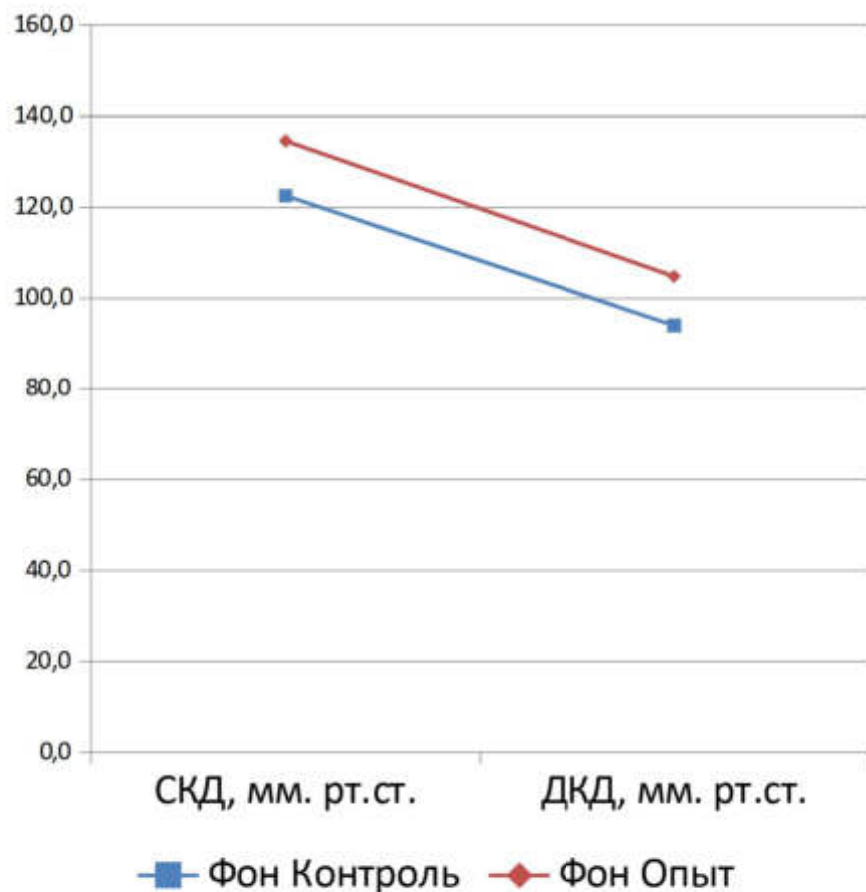
Диаграмма показателей до воздействия и на 3-и сутки после воздействия дымом



Примечание: * - различия между контрольными и опытными группами по критерию Манна-Уитни при $p < 0.05$; # - различия на уровне тенденции между контрольными и опытными группами; • - различия на уровне тенденции между связанными группами по критерию Вилкоксона при $p < 0.05$



Показатели артериального давления на хвосте у крыс



Кровяное давление между контрольными и опытными группами крыс не различалось как при фоновом обследовании, так и на протяжении всего постконтактного периода после воздействия дымом.



ВЫВОДЫ

У крыс опытной группы в динамике 30-суточного наблюдения наиболее значимые изменения показателей ЭКГ отмечались только на 3-и сутки после окончания воздействия дымом. В этом раннем периоде наблюдения регистрировалось снижение ЧСС, высокое значение SDNN и низкий ИВР. В дальнейшем периоде наблюдений показатели ЭКГ приближались к исходным значениям. Полученные результаты свидетельствуют о более выраженных активации и преобладании парасимпатического отдела вегетативной нервной системы у затравленных животных по сравнению с фоновыми показателями. Воздействие дымом у данных особей приводило к низкой вариабельности сердечного ритма лишь на 3-и сутки после окончания экспозиции. Следует отметить, что концентрация СО в затравочных камерах соответствовала ПДК в воздухе рабочей зоны. Учитывая, что содержание СО при тушении природных пожаров может достигать высоких значений, необходимы дальнейшие исследования с различными концентрациями СО, длительностью воздействия дымом пожаров, при которых изменения в состоянии ССС крыс будут более значительными и будут длительно сохраняться в постконтактном периоде.



Благодарим за внимание!