Дата публикации: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5
УДК 616.89;616.387;612.33+612.35

Publication date: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5
UDC 616.89;616.387;612.33+612.35

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПРЕДАТОРНОГО СТРЕССА НА СОРБЦИЮ ТОНКОЙ КИШКИ И ПЕЧЕНИ

А.А. Виноградов[1], И.В. Андреева[2], Л.О. Воронкова[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия
[2]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования – изучить характер изменения сорбции нейтрального красного в тонкой кишке и печени крыс при моделировании хронического предаторного стресса. У крыс-самцов линии Wistar проводили колориметрические исследования концентрации нейтрального красного в спиртовых вытяжках из тонкой кишки и печени после внутрисердечного введения 0,5% водного раствора нейтрального красного из расчета 1,0 мл на 100 г массы животного. При хроническом предаторном стрессе в тонкой кишке и печени крыс развиваются стресс-индуцированные изменения, которые влияют на сорбцию нейтрального красного. В тонкой кишке через 15 минут экспозиции нейтрального красного в организме крысы его концентрация увеличивалась в 1,886±0,072 раза, а в печени – в 1,755±0,098 раза. Процесс всасывания нейтрального красного из тонкой кишки в кровь и лимфу замедлялся, уменьшая его поступление через систему воротной вены в печень. Увеличение сорбционной способности тонкой кишки для нейтрального красного свидетельствовало о повышении его всасывания и снижении элиминации, что выражало нарушение проницаемости кишечной стенки.
Ключевые слова: крысы Wistar, предаторный стресс, тонкая кишка, печень, сорбция, нейтральный красный.

THE EFFECT OF CHRONIC PREDATOR STRESS ON THE SORPTION OF THE SMALL INTESTINE AND LIVER

A.A. Vinogradov[1], I.V. Andreeva[2], L.O. Voronkova[1]
[1]Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia
[2]Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

Abstract. The aim was to study the nature of changes in the sorption of neutral red in the small intestine and liver of rats when modeling chronic predator stress. In male Wistar rats, colorimetric studies of the concentration of neutral red in alcohol extracts from the small intestine and liver were performed after intracardiac administration of 0.5% aqueous solution of neutral red at the rate of 1.0 ml per 100 g of animal weight. With chronic predator stress, stress-induced changes develop in the small intestine and liver of rats, which affect the sorption of neutral red. In the small intestine, after 15 minutes of exposure to neutral red in the rat body, its concentration increased by 1.886±0.072 times, in the liver – by 1.755±0.098 times. The process of absorption of neutral red from the small intestine into the blood and lymph slowed down, reducing its flow through the portal vein system to the liver. An increase in the sorption capacity of the small intestine for neutral red indicated an increase in its absorption and a decrease in elimination, which expressed a violation of the permeability of the intestinal wall.
Keywords: Wistar rats, predator stress, small intestine, liver, sorption, neutral red.

Введение. Человек живет в практически постоянном хроническом психоэмоциональном стрессе [1]. При этом, по данным литературы, хронический стресс оказывает влияние на гормональный и иммунологический статус, сердечно-сосудистую систему

и другие органы. Доказано, что под влиянием стрессовых факторов возникают изменения в морфологическом и биохимическом состоянии печени [2-3]. Имеются единичные публикации о влиянии хронического стресса на тонкую кишку с развитием целиакии с гиперрегенераторной атрофией слизистой оболочки тонкой кишки, которая проявляется синдромом мальабсорбции (нарушения всасывания) [4-5].

Для определения изменений функционального состояния органов и тканей в экспериментальной практике применяют количественное определение их сорбционной способности [6]. В эксперименте на животных для изучения влияния внешних факторов, в частности хронического стресса, на органы и системы существенное значение имеет прижизненная окраска их клеток и тканей с количественным определением сорбционной способности для введенного красителя [7-9].

Методы прижизненной окраски широко применяют в общей медико-биологической практике. Это связано с тем, что законы проницаемости клетки для витальных красящих веществ те же, что и для питательных веществ [10-11]. Описана прижизненная окраска головного мозга, гипофиза, сердца и печени с определением количественных показателей сорбционной способности клеток и тканей. Это было изучено в экспериментах на животных после инфаркта миокарда, сосудистых трансформаций, хлороформной интоксикации, гипоксии [12-14]. Однако влияние хронического стресса на печень и процесс всасывания в тонкой кишке путем определения сорбции введенного в организм витального красителя на сегодняшний день не изучено.

Цель исследования – изучить характер изменения сорбции нейтрального красного в тонкой кишке и печени при моделировании хронического предаторного стресса.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на 60 крысах-самцах линии Wistar массой 220-370 г, взятых из питомника лабораторных животных филиала «Столбовая» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России (ветеринарное свидетельство № 19211027545 от 29.05.2023). Животные были разделены на контрольную и экспериментальную группы по 30 крыс в каждой. Возраст крыс соответствовал зрелому (репродуктивному периоду) по возрастной периодизации онтогенеза крыс [15-16].

При содержании животных руководствовались «Принципами надлежащей лабораторной практики» (национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ № 33044-2014, введён с 1.08.2015 г.), приказом Минздрава России от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики», «Санитарно-эпидемиологическими требованиями к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)» (СП 2.2.1.3218-14). Эвтаназию животных осуществляли передозировкой Золетила Virbac (Франция).

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей лабораторной практики и одобрено на заседании биоэтической комиссии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России (№ 25, 2021 г.).

Эксперимент по моделированию хронического эмоционального предаторного стресса от запаха хищника не приводит к физическим травмам (этиологически значимое воздействие): грызуны используют обонятельную сенсорную систему для поведения, связанного с выживанием. Процесс эксперимента осуществлялся путем воздействия запахом мочи хищника (кошки) в течение 10 дней в виварии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России по методике В.Э. Цейликман и соавт. (2021). Во время проведения эксперимента каждую крысу помещали в отдельную маркированную клетку. В каждой клетке ежедневно в течение 10 дней устанавливали емкость с мочой кошки на 1 час [17].

Для сорбции нейтрального красного сначала строили градуированный график

колориметрических показателей при определенной массе нейтрального красного (НК). Для построения градуированного графика готовили 6 растворов подкисленного 70% спирта с концентрацией НК (класс по Colour Index, 2-е издание, BR № 50040) от 50 до 500 мкг. Растворы колориметрировали и по показателям КФК-2МП строили градуированный график. На ось Y вводили колориметрические показатели, а на ось X – концентрацию красителя (рис. 1).

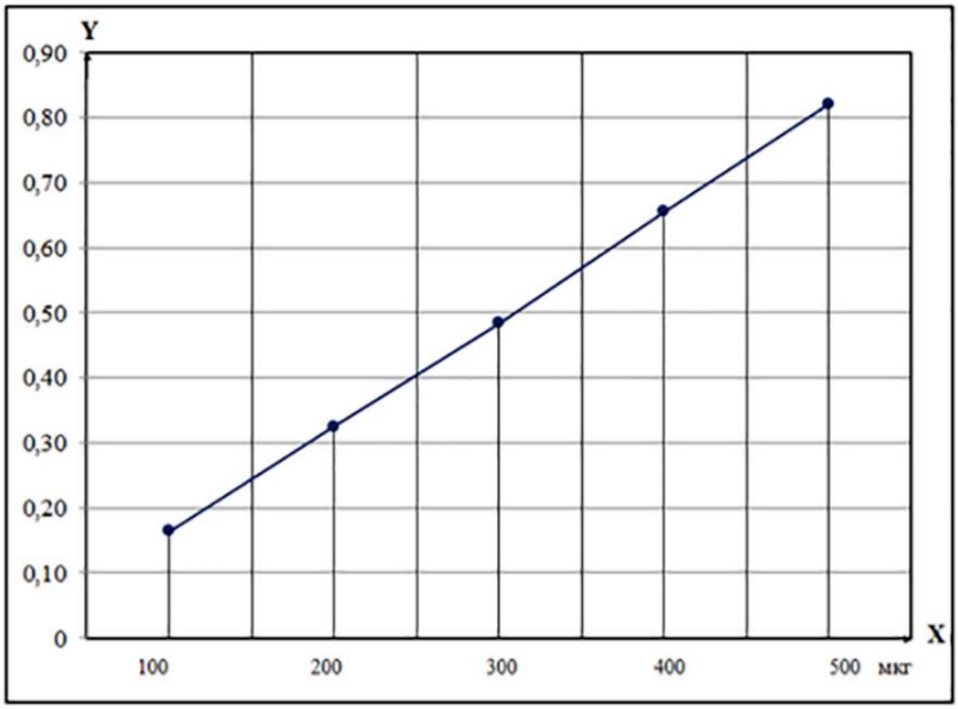


Рис. 1. Градуированный график колориметрических показателей относительно массы нейтрального красного от 50 до 500 мкг

Для определения сорбции тонкой кишки и печени у животных контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) групп под общим обезболиванием (Золетил Virbac 20 мг/кг внутримышечно) внутрисердечно вводили 0,5% водный раствор нейтрального красного из расчета 1,0 мл на 100 г массы животного. Через 15 минут после инъекции раствора нейтрального красного выполняли лапаротомию и, отступив от 12-перстной кишки на 5,0 см, брали фрагмент тонкой кишки длиной до 6 см, а также фрагменты печени. Эвтаназию проводили передозировкой Золетила Virbac.

Выбранный участок тонкой кишки продольно разрезали по противоположному от брыжеечного свободному краю тонкой кишки. Фрагменты тонкой кишки и печени промывали 0,9% раствором хлорида натрия. Тонкую кишку разрезали на кусочки длиной до 1,5 см. Для удаления остатков воды препараты тонкой кишки и печени (далее – препараты) на 2 минуты укладывали в фильтровальную бумагу. Подсохшие кусочки помещали в пронумерованные герметично закрывающиеся емкости с 3,0 мл 70% спирта, в который добавляли 3 капли 0,1% раствора соляной кислоты. Через 24 часа инкубации при комнатной температуре (+20-22°С) препараты извлекали из спирта и помещали в термостат на 1-2 часа при температуре +55°С для высушивания до постоянного веса. Высушенные кусочки препаратов нумеровали в соответствии нумерации емкостей, из которых они были извлечены, и взвешивали на электронных весах.

Спиртовой раствор переливали в предварительно пронумерованные пробирки и центрифугировали в течение 5 минут при

скорости 1000 об/мин. Затем надосадочную жидкость колориметрировали на фотоколориметре КФК-2МП. По градуированному графику фотоколориметрические показатели переводили в количественные показатели нейтрального красного. Показатель сорбции рассчитывали в мкг/мг путем деления количественного показателя концентрации нейтрального красного (далее – краситель на вес сухого остатка препарата с учетом соответствия его номера с номером раствора, который колориметрировали) (табл. 1).

Таблица 1

Пример определения концентрации нейтрального красного в тонкой кишке животных контрольной группы

Показатели	Номер фрагмента тонкой кишки			
	1	2	3	4
Показатель КФК-2МП	0,642	0,589	0,500	0,569
Показатель с градуированного графика, мкг	392	359	305	347
Масса сухого кусочка, мг	17	16	13	15
Количество нейтрального красного, сорбированного тонкой кишкой, мкг/мг	23,06	22,44	23,46	23,13
Показатель сорбции = 23,02±0,293 мкг/мг ($p<0,05$)				

Примечание: КФК-2МП – марка фотоколориметра

Цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с помощью программы StatSoft Statistica 13.0 (США, номер лицензии AXA003J115213FAACD-X, Statsoft.ru) и Microsoft Excel for MAC ver. 16.24 (ID 02984-001-000001). Определяли: среднюю арифметическую выборки (M); ошибку средней арифметической выборки (±m); Т-критерий Стьюдента, вероятность ошибки (p) и коэффициент корреляции Пирсона (R). По шкале Чеддока коэффициент корреляции 0,5-0,7 определял заметную, 0,7-0,9 – высокую, а 0,9-1,0 – весьма высокую корреляционную зависимость выявленных изменений [18].

Результаты исследования и их обсуждение. Через 15 минут после внутрисердечного введения водного раствора нейтрального красного животным КГ установлено неравномерное распределение количества сорбированного красителя во фрагментах выделенного отдела тонкой кишки (табл. 2). Меньший показатель сорбции был в 4 фрагменте (21,92±1,298 мкг/мг). По мере отдаления от 12-перстной кишки сорбционная способность тонкой кишки уменьшалась в следующих значениях: 1 фрагмент – концентрация красителя 22,76±1,292 мкг/мг; 2 фрагмент – 22,37±1,362 мкг/мг (меньше в 1,018±0,012 раза); 3 фрагмент – 22,09±1,308 мкг/мг (меньше в 1,012±0,008 раза); 4 фрагмент – 21,92±1,298 мкг/мг (меньше в 1,008±0,007 раза). При сравнении показателей 1 фрагмента с показателями 4 фрагмента установлено уменьшение концентрации красителя в 1,039±0,0089 раза (на 0,843±0,1767 мкг/мг). Коэффициент корреляции (R) указывал на прямую, весьма высокую зависимость понижения сорбционной способности тонкой кишки при удалении от 12-перстной кишки (R=0,989). Оказалось, что у животных ЭГ сорбционная способность тонкой кишки изменялась по мере отдаления от 12-перстной кишки, как у животных КГ. Выявлено уменьшение концентрации красителя в тонкой кишке от 1 фрагмента к 4 фрагменту (табл. 3).

Таблица 2

Концентрация нейтрального красного в тонкой кишке животных контрольной группы в зависимости от удаленности от 12-перстной кишки

Номер животного	Концентрация нейтрального красного во фрагментах тонкой кишки, мкг/мг (p<0,05)			
	1 фрагмент	2 фрагмент	3 фрагмент	4 фрагмент
1	24,16±0,899	23,84±0,226	23,21±0,688	23,02±0,293
2	24,19±0,731	24,13±0,325	23,82±0,238	23,48±0,492
3	23,81±0,444	23,21±0,384	23,16±0,388	23,15±0,367
4	21,35±0,223	21,31±0,442	20,81±0,463	20,38±0,276
5	22,21±0,416	21,27±0,709	21,15±0,315	21,13±0,472
6	20,85±0,587	20,43±0,342	20,38±0,400	20,35±0,057

Примечание: 1 фрагмент – 5,0 см от 12-перстной кишки; 2 фрагмент – 6,5 см; 3 фрагмент – 8,0 см; 4 фрагмент – 9,5 см. Длина каждого фрагмента – 1,5 см.

Таблица 3

Концентрация нейтрального красного в тонкой кишке животных экспериментальной группы в зависимости от удаленности от 12-перстной кишки

Номер животного	Концентрация нейтрального красного во фрагментах тонкой кишки, мкг/мг (p<0,05)			
	1 фрагмент	2 фрагмент	3 фрагмент	4 фрагмент
1	42,64±1,398	42,24±1,237	41,98±0,461	41,28±0,521
2	42,61±1,497	42,20±1,205	41,48±1,246	41,25±0,375
3	43,89±1,661	43,50±0,500	42,28±1,401	42,14±1,802
4	40,53±1,151	40,38±1,091	39,75±0,750	39,26±1,627
5	41,68±2,531	41,58±0,952	41,23±2,247	40,62±1,478
6	44,53±1,263	43,97±0,528	43,28±0,840	42,76±1,095

Примечание: 1 фрагмент – 5,0 см от 12-перстной кишки; 2 фрагмент – 6,5 см; 3 фрагмент – 8,0 см; 4 фрагмент – 9,5 см. Длина каждого фрагмента – 1,5 см.

В 1 фрагменте тонкой кишки животных ЭГ показатель сорбции был в пределах 42,65±1,042 мкг/мг, что в 1,877±0,061 раза больше контрольного показателя. Коэффициент корреляции указывал на прямую, высокую зависимость изменения концентрации красителя в тонкой кишке от эксперимента (R=0,914 при t=11,98, p<0,001). Во 2 фрагменте концентрация красителя составила 42,31±0,949 мкг/мг – в 1,008±0,003 раза меньше, чем в первом, и в 1,896±0,074 раза больше контрольного показателя (R=0,919 при t=12,01, p<0,001); в 3 фрагменте – 41,67±0,847 мкг/мг, что в 1,015±0,005 раза меньше, чем во 2 фрагменте и в 1,891±0,074 раза больше контрольного показателя (R=0,900 при t=12,57, p<0,001); в 4 фрагменте – 41,2±0,852 мкг/мг, что в 1,011±0,004 раза было меньше концентрации красителя 3 фрагмента, но в 1,885±0,073 раза больше контрольного показателя (R=0,853 при t=12,33, p<0,001). После эксперимента концентрация красителя в тонкой кишке животных ЭГ была больше контрольного показателя в 1,887 ±0,071 раза при R=0,883, t=33,42 и p<0,001.

Анализ полученных результатов в процессе исследования сорбционной способности тонкой кишки у животных КГ и ЭГ не отвечает на вопрос о позитивном или негативном влиянии хронического предаторного стресса на процесс всасывания в тонкой кишке. Увеличение концентрации красителя в тонкой кишке указывает на повышение сорбционной способности или процесса всасывания составляющих слизистую оболочку (ворсинки и крипты). Всасывание включает и перенос продуктов гидролиза пищевых веществ из полости желудочно-кишечного тракта в кровь, а

с током крови – в печень [19-20]. Следовательно, увеличение концентрации красителя в тонкой кишке в связи с повышенной сорбционной способностью должно при неизмененном процессе всасывания из тонкой кишки в кровь пропорционально влиять на увеличение концентрации красителя в печени. Для решения этого вопроса была изучена сорбционная способность печени в норме и в условиях хронического предаторного стресса.

У животных КГ концентрация красителя в печени составила 14,38±0,980 мкг/мг, что было в 1,55±0,630 раза меньше, чем в тонкой кишке (22,28±0,28 мкг/мг) (рис. 2). В центральном отделе печени концентрация красителя была 15,36±0,258 мкг/мг, а в дистальном отделе – 13,40±0,230 мкг/мг, что было в 1,146±0,004 раза меньше (при R=0,981, t=5,97 и p=0,001), чем в центральном отделе (табл. 4).

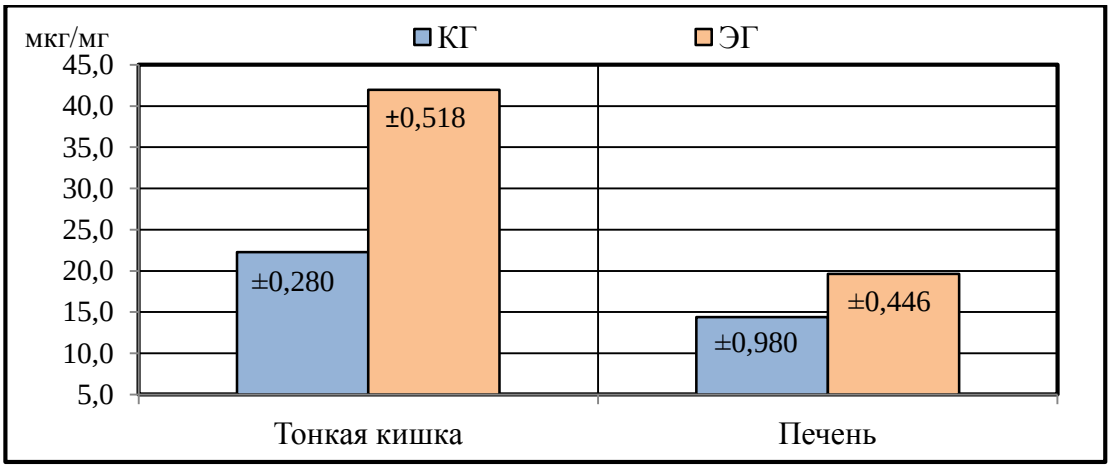


Рис. 2. Концентрация нейтрального красного в тонкой кишке и печени у животных контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) групп

Таблица 4

Концентрация нейтрального красного в печени животных контрольной группы, мкг/мг

Номер животного	Концентрация нейтрального красного во фрагментах ткани печени, мкг/мг (p<0,05)			
	1 фрагмент	2 фрагмент	3 фрагмент	4 фрагмент
	Центральный отдел печени			
1	15,59±0,072	15,42±0,016	15,23±0,110	15,13±0,168
2	15,53±0,239	15,52±0,368	15,41±0,114	15,27±0,022
3	15,81±0,035	15,69±0,014	15,64±0,278	15,38±0,297
4	14,78±0,340	14,63±0,129	14,61±0,087	14,36±0,162
5	15,78±0,003	15,59±0,179	15,52±0,268	15,40±0,151
6	15,75±0,037	15,67±0,014	15,43±0,179	15,43±0,179
	Дистальный отдел печени			
1	13,71±0,263	13,62±0,352	13,61±0,087	13,43±0,095
2	13,87±0,095	13,67±0,208	13,66±0,191	13,59±0,256
3	13,98±0,019	13,55±0,030	13,44±0,015	13,39±0,279
4	12,99±0,075	12,94±0,057	12,64±0,222	12,62±0,099
5	13,53±0,232	13,40±0,049	13,40±0,049	13,07±0,026
6	13,50±0,226	13,42±0,225	13,38±0,147	13,12±0,090

После 10-дневного эксперимента в печени животных ЭГ концентрация красителя увеличивалась в сравнении с показателями, определенными у животных КГ, в 1,371±0,063 раза (до 19,64±0,446 мкг/мг при R=0,876, t=4,89 и p=0,001). В центральном отделе печени концентрация красителя была в 1,308±0,019 раза больше, чем у животных КГ, и колебалась в пределах 20,08±0,264 мкг/мг при R=0,686, t=12,79 и p<0,001. В дистальном отделе – в 1,434±0,018 раза и колебалась в пределах 19,20±0,350 мкг/мг при R=0,745, t=13,85 и p<0,001.

Концентрация красителя в центральном отделе печени животных ЭГ была больше в 1,046±0,008 раза, чем в дистальном (табл. 5), как и у животных КГ (табл. 4). Однако у животных КГ разница между показателями концентрации красителя в центральных и дистальных отделах была больше (в 1,146±0,004 раза), чем у животных ЭГ (рис. 2).

Таблица 5

Концентрация нейтрального красного в печени животных экспериментальной группы, мкг/мг

Номер животного	Концентрация нейтрального красного во фрагментах ткани печени, мкг/мг (p<0,05)			
	1 фрагмент	2 фрагмент	3 фрагмент	4 фрагмент
	Центральный отдел печени			
1	19,75±0,537	19,43±0,012	19,90±0,322	21,03±0,364
2	19,50±0,187	19,83±0,332	20,07±0,760	19,43±0,123
3	19,28±0,222	20,95±0,258	19,05±0,107	19,63±0,231
4	19,74±0,020	20,58±0,167	20,39±0,332	20,37±0,259
5	20,58±0,138	20,77±0,665	19,81±0,386	21,57±0,306
6	20,38±0,274	19,78±0,124	19,78±0,148	19,77±0,021
	Дистальный отдел печени			
1	18,64±0,005	18,48±0,406	19,38±0,027	18,87±0,383
2	18,57±0,569	18,44±0,327	18,48±0,173	19,28±0,136
3	18,69±0,226	19,91±0,172	18,60±0,293	18,92±0,446
4	19,41±0,141	19,16±0,154	19,08±0,046	19,64±0,117
5	20,15±0,040	19,47±0,349	19,10±0,099	20,03±0,026
6	20,38±0,274	19,39±0,084	19,48±0,077	19,35±0,181

Концентрация красителя в тонкой кишке у животных ЭГ была больше в 1,887±0,071 раза (R=0,883, t=33,42 и p<0,001), а в печени – в 1,096±0,050 раза (R=0,876, t=4,89 и p=0,001), чем у животных КГ.

В процессе исследования установлено, что в условиях хронического стресса сорбция красителя в тонкой кишке увеличивается, что, по-видимому, связано с нарушением всасывания красителя в кровь и накоплением его в оболочках тонкой кишки на фоне лимфостаза и венозного полнокровия [4-5]. Поэтому в процессе эксперимента в печени концентрация красителя увеличивалась не пропорционально его увеличению в тонкой кишке.

Заключение. На фоне хронического предаторного стресса увеличивалась сорбционная способность тонкой кишки и печени с преимущественным повышением в тонкой кишке. По мере удаления от 12-перстной кишки у животных КГ и ЭГ сорбционная способность тонкой кишки уменьшалась, но оставалась на высоком уровне.

В печени животных КГ и ОГ сорбционная способность была выражена в большей

степени в центральных отделах органа по сравнению с дистальными.

Увеличение концентрации нейтрального красного в тонкой кишке животных ЭГ связано с его депонированием на фоне лимфостаза и нарушения всасывания в кровь, о чем свидетельствует непропорциональное увеличение красителя в печени животных ЭГ.

Для решения вопроса о позитивном или негативном влиянии увеличения сорбционной способности тонкой кишки в ответ на хронический стресс нужны целенаправленные исследования с исключением поступления в печень красителя посредством артериального кровоснабжения.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному отделу, виварию и гистологической лаборатории ФГБОУ ВО «РязГМУ» Минздрава России за активное содействие исследованию.

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

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Scientific department, vivarium and histology laboratory of the Ryazan State Medical University for actively contributing to the study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mental Stress and Its Effects on Vascular Health / Sara J. D. S., Toya T., Ahmad A. [et al] // Mayo Clin Proc. – 2022. – Vol. 97(5). – P. 951-990. DOI: 10.1016/j.mayocp.2022.02.004.

2. Литвиненко, А. Н. Морфологические и морфометрические параметры ткани печени лабораторных животных после моделирования хронического стресса / А. Н. Литвиненко, Д. А. Зиновкин, Т. С. Угольник // Проблемы здоровья и экологии. – 2018. – Т. 58. – № 4. – С. 56-60.

3. Chronic stress induces steatohepatitis while decreases visceral fat mass in mice / Liu Y. Z., Chen J. K., Zhang Y. [et al] // BMC Gastroenterol. – 2014. – Vol.14. – P. 106. DOI: 10.1186/1471-230X-14-106.

4. Life events and the onset of celiac disease from a patient's perspective / Ciacci C., Siniscalchi M., Bucci C. [et al] // Nutrients. – 2013. – Vol. 5(9). – P. 3388-3398. DOI: 10.3390/nu5093388.

5. Stressful life events among individuals with a history of eating disorders: a case-control comparison / Lie S. E., Bulik C. M., Andreassen O. A. [et al] // BMC Psychiatry. – 2021. – Vol. 21 (1). – P. 501-512. DOI: 10.1186/ s12888-021-03499-2.

6. Патент на изобретение 1465767 СССР, МПК G 0,1 N 33/48(2006.01). Способ определения сорбционной активности тканей: N 4201379/28-14: заявл. 25.02.87; опубл. 15.03.1989 / Виноградов, А. А. – Бюлетень № 10.

7. Виноградов, А. А. Сорбционная способность миокарда и мозговой ткани у крыс, перенесших клиническую смерть после гипоксической тренировки / А. А. Виноградов, С. Ю. Некрасов // Актуальные проблемы акушерства и гинекологии, а также медицинской генетики. – 2003. – № 9. – С. 290-295.

8. Парахонский, А. П. Исследование сорбционной ёмкости мембран эритроцитов для оценки характера эндогенной интоксикации при дерматозах / А. П. Парахонский, С. С. Цыганок // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 86-87. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=11651 (дата обращения: 26.01.24).

9. Бадалова, З. А. Показатели сорбционной способности и проницаемости эритроцитарных мембран у детей и новорождённых, проживающих в зоне повышенного радиационного фона / З. А. Бадалова, Д. С. Додхоев // Вестник Авицены. – 2019. – Т. 21. – № 4. – С. 597-602; DOI: 10.25005/2074-0581-2019-21-4-597-602.

10. Янбухтина, З. Р. Витальные красители в интраокулярной хирургии / З. Р. Янбухтина, Т. Р. Мухамадеев, Б. М. Азнабаев // Медицинский вестник Башкортостана. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 156-161.

11. Изучение морфофункциональных свойств тромбоцитов новорожденных в норме, при гипоксии и синдроме системного воспалительного ответа с использованием витального окрашивания / Леонтьев М. А., Родзаевская Е. Б., Пылаев Т. Е. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2018. – Т. 48. – № 4. – С. 30-39. DOI: 10/21685/2072-3032-2018-4-4.

12. Экспозиционная динамика сорбции головного мозга и миокарда при хлороформной

интоксикации / С. А. Лобко, А. А. Панкратьев, И. В. Андреева, А. А. Виноградов // Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко (медико-биологические науки). – 2010. – № 15 (202). – С. 90-95.

13. Виноградов, А. А. Влияние отека головного мозга на динамику изменения проницаемости гематоэнцефалического барьера / А. А. Виноградов // Вестник проблем биологии и медицины. – 1997. – № 5. – С. 49-55.

14. Виноградов, А. А. Экспозиционная динамика сорбции в передней части гипофиза при венозном полнокровье / А. А. Виноградов, О. А. Виноградов // Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко (медико-биологические науки). – 2002. – № 7 (51). – С. 108-113.

15. Лабораторные животные / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария, В. В. Западнюк. – Киев: Вища школа, 1983. – 383 с.

16. Лабораторные крысы: содержание, разведение и биоэтические аспекты использования в экспериментах по физиологии поведения / В. И. Белякова, Е. М. Инюшкина, Д. С. Громова, А. Н. Инюшкин. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2021. – 96 с.

17. Патент на изобретение RU 2356102 C1. МПК G09B 23/28 (2006.01). Способ моделирования посттравматического стрессового расстройства у лабораторных крыс: N 2007128 128/14: заявл. 23.07.2007, опубл. 20.05.2009 // Цейликман В. Э., Лапшин М. С., Комелькова М. В. [и др.] – Бюллетень № 14.

18. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва. – Москва: Медиа Сфера, 2002. – 305 с.

19. Метельский, С. Т. Транспортные процессы и мембранное пищеварение в слизистой оболочке тонкой кишки. Электрофизиологическая модель / С. Т. Метельский. – М.: Анахарсис, 2007. – 272 с.

20. Метельский, С. Т. Физиологические механизмы всасывания в кишечнике. Основные группы веществ / С. Т. Метельский // РЖГГК. – 2009. – Т. 19. – №3. – С. 51-56.

REFERENCES

1. Sara J.D.S., Toya T., Ahmad A., Clark M.M., Gilliam W.P., Lerman L.O., Lerman A. Mental Stress and Its Effects on Vascular Health. *Mayo Clin Proc*., 2022, vol. 97(5), pp. 951-990. DOI: 10.1016/j.mayocp.2022.02.004.

2. Litvinenko A.N., Zinovkin D.A., Ugol'nik T.S. Morphologic and Morphometric Parameters of the Liver Tissue of Laboratory Animals After Modeling of Chronic Stress. *Health and Ecology Issues*, 2018, vol. 58, no. 4, pp. 56-60. (in Russ.)

3. Liu Y.Z., Chen J.K., Zhang Y., Wang X., Qu S., Jiang C.L. Chronic stress induces steatohepatitis while decreases visceral fat mass in mice. *BMC Gastroenterol*, 2014, vol. 14, p. 106. DOI: 10.1186/1471-230X-14-106.

4. Ciacci C., Siniscalchi M., Bucci C., Zingone F., Morra I., Iovino P. Life events and the onset of celiac disease from a patient's perspective. *Nutrients*, 2013, vol. 5(9), pp. 3388-3398. DOI: 10.3390/nu5093388.

5. Lie S.E., Bulik C.M., Andreassen O.A., Ro O., Bang L. Stressful life events among individuals with a history of eating disorders: a case-control comparison. *BMC Psychiatry*, 2021, vol. 21 (1), pp. 501-512. DOI: 10.1186/s12888-021-03499-2.

6. Vinogradov A.A. A way to identify tissue sorption activity. Patent for invention 1465767 USSR, 1989 (in Russ.)

7. Vinogradov A.A., Nekrasov S.Yu. Sorption capacity of myocardium and brain tissue in rats who suffered clinical death after hypoxic training. *Aktual'nye problemy akusherstva i ginekologii, a takzhe meditsinskoj etiki*, 2003, vol. 9, pp. 290-295. (in Russ.)

8. ParakhonskijA.P., Tsyganok S.S. Investigation of the sorption capacity of erythrocyte membranes to assess the nature of endogenous intoxication in dermatoses. *Advances in current natural sciences*, 2006, no. 10, pp. 86-87. Available at: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=11651 (in Russ.)

9. Badalova Z.A., Dodkhoev D.S. Indicators of sorption capacity and permeability of erythrocyte membranes in children and newborns living in the zone of increased radiation background. *Avicenna Bulletin*, 2019, vol. 21, no. 4, pp. 597-602. DOI: 10.25005/2074-0581-2019-21-4-597-602 (in Russ.)

10. Yanbukhtina Z.R., Mukhamadeev T.R., Aznabaev B.M. Vital dyes in intraocular surgery. *Bashkortostan Medical Journal*, 2015, vol. 10, no. 2, pp. 156-161. (in Russ.)

11. Leont'ev M.A., Rodzaevskaya E.B., Pylaev T.E., Leont'eva A.V., Maslyakov V.V. The study of the morphofunctional properties of newborn platelets in normal, with hypoxia and the syndrome of a systemic inflammatory response using vital

staining. *University proceedings. Volga region. Medical sciences*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 30-39. DOI: 10/21685/2072-3032-2018-4-4. (in Russ.)
12. Lobko S.A., Pankratiev A.A., Andreeva I. V., Vinogradov A. A. Exposure dynamics of sorption of the brain and myocardium in chloroform intoxication. *Bulletin of Luhansk Taras Shevchenko National University (Biomedical sciences)*, 2010, vol. 15 (202), pp. 90-95. (in Russ.)
13. Vinogradov A.A. The effect of cerebral edema on the dynamics of changes in the permeability of the blood-brain barrier. *Bulletin of problems of biology and medicine*, 1997, vol. 5, pp. 49-55. (in Russ.)
14. Vinogradov A.A., Vinogradov O.A. Expositional dynamics of sorption in the anterior pituitary gland with venous fullness. *Bulletin of Luhansk Taras Shevchenko National University (Biomedical Sciences)*, 2002, vol. 7 (51), pp. 108-113. (in Russ.)
15. Zapadnyuk I.P., Zapadnyuk V.I., Zakharia E.A., Zapadnyuk V.V. Laboratory animals. Kiev: Vishcha shkola, 1983, 383 p. (in Russ.)
16. Belyakova V.I., Inyushkina E.M., Gromova D.S., Inyushkin A.N. Laboratory rats: management, breeding and bioethical aspects of use in experiments on the behavior physiology. Samara: Samara University Publishing House, 2021, 96 p. (in Russ.)
17. Tseilikman V.E., Lapshin M.S., Komelkova M.V., Sarapultsev A.P., Tseilikman O.B., Dyatlov D.A., Manukhina E.B. A method for modeling post-traumatic stress disorder in laboratory rats. Patent for invention RU 2356102 C1, 2009. (in Russ.)
18. Rebrova O.Yu. Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTICA application software package. Moscow: Media Sfera, 2002, 305 p. (in Russ.)
19. Metel'skij S.T. Transport processes and membrane digestion in the mucous membrane of the small intestine. Electrophysiological model. Moscow: Anakharsis, 2007, 272 p. (in Russ.)
20. Metel'skij S.T. Physiological mechanisms of absorption in the intestine. Basic groups of substances. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*, 2009, vol. 19, no. 3, pp. 51-56. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Александр Анатольевич Виноградов – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Рязань, e-mail: alexanvin@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0441-7121.

Ирина Владимировна Андреева – доктор медицинских наук, профессор кафедры клинической ультразвуковой и функциональной диагностики, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6946-3036.

Лилия Олеговна Воронкова – соискатель кафедры нормальной физиологии с курсом психофизиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России; врач-диетолог-нутрициолог, Рязань, e-mail: doc.liliiav@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1777-107X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr A. Vinogradov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: alexanvin@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0441-7121.

Irina V. Andreeva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Clinical Ultrasound and Functional Diagnostics, Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI), Moscow, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6946-3036.

Lilia O. Voronkova – Post-Graduate Student of the Department of Normal Physiology with the course of Phsychophysiology, Ryazan State Medical University; Dietitian, Ryazan, e-mail: doc.liliiav@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1777-107X.

Для цитирования: Виноградов, А. А. Влияние хронического предаторного стресса на сорбцию тонкой кишки и печени / А. А. Виноградов, И. В. Андреева, Л. О. Воронкова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5

For citation: Vinogradov A.A., Andreeva I.V., Voronkova L.O. The effect of chronic predator stress on the sorption of the small intestine and liver. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5