



Экспериментальная оценка влияния электромагнитного излучения и острой алкогольной интоксикации на показатели минерального обмена и антиоксидантной защиты в эритроцитах и плазме крови крыс

Терехина Н. А.¹, Селин А. Д.¹, Жидко Е. В.¹, Терехин Г. А.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, (ул. Петропавловская, д. 26, г. Пермь, 614990 Россия)

² Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава России, (ул. Полевая, д. 2, г. Пермь, 614089 Россия)

Для цитирования: Терехина Н. А., Селин А. Д., Жидко Е. В., Терехин Г. А. Экспериментальная оценка влияния электромагнитного излучения и острой алкогольной интоксикации на показатели минерального обмена и антиоксидантной защиты в эритроцитах и плазме крови крыс. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023;214(6): 146–152. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-214-6-146-152

✉ Для переписки:
Терехина Наталья Александровна
terekhina@list.ru

Терехина Наталья Александровна, зав. каф. биологической химии, д.м.н.
Селин Алексей Дмитриевич, ст. преподаватель каф. биологической химии
Жидко Екатерина Викторовна, доцент каф. биологической химии
Терехин Георгий Анатольевич, зав. каф. экстремальной медицины и товароведения, д.м.н., профессор

Резюме

Цель исследования — сравнительный анализ влияния электромагнитного излучения и острой алкогольной интоксикации на показатели минерального обмена и антиоксидантной защиты в эритроцитах и плазме крови крыс.

Материалы и методы. Работа выполнена на 128 белых нелинейных крысах. Исследование проведено на пяти экспериментальных моделях: острое отравление этанолом, острое отравление этанолом на фоне предварительной алкоголизации, воздействие электромагнитного излучения в течение 1, 2 и 3 месяцев. Спектрофотометрически определяли в плазме крови крыс содержание железа, меди, трансферрина, церулоплазмينا и активность гамма-глутамилтранспептидазы, в эритроцитах крови содержание глутатиона.

Результаты и обсуждение. Установлен однонаправленный характер изменений показателей антиоксидантной защиты и минерального обмена при острой алкогольной интоксикации и электромагнитном облучении, заключающийся в снижении содержания железа, трансферрина, повышении содержания церулоплазмينا, глутатиона, активности гамма-глутамилтранспептидазы. При этом снижение содержания железа и изменение показателей антиоксидантной защиты в плазме крови более выражены при остром отравлении этанолом, чем при электромагнитном облучении.

Выводы. Церулоплазмин, трансферрин, глутатион и гамма-глутамилтранспептидаза являются мишенью для действия электромагнитного излучения и этанола. Определение активности гамма-глутамилтранспептидазы в плазме крови имеет прогностическое значение для определения степени поражения печени не только при алкогольной интоксикации, но и при электромагнитном облучении дециметрового диапазона.

Ключевые слова: железо, медь, трансферрин, церулоплазмин, глутатион, гамма-глутамилтранспептидаза, электромагнитное излучение, острая алкогольная интоксикация

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

EDN: PRMIRG





Experimental evaluation of the influence of electromagnetic radiation and acute alcohol intoxication on the indicators of mineral metabolism and antioxidant protection in erythrocytes and blood plasma of rats

N. A. Terekhina¹, A. D. Selin¹, E. V. Zhidko¹, G. A. Terekhin²

¹ Perm State Medical University n.a. E. A. Wagner of the Ministry of Health of the Russian Federation, (26 Petropavlovsk str., Perm, 614990, Russia)

² Perm State Pharmaceutical Academy, (2 Polevaya Str., Perm, 614089, Russia)

For citation: Terekhina N. A., Selin A. D., Zhidko E. V., Terekhin G. A. Experimental evaluation of the influence of electromagnetic radiation and acute alcohol intoxication on the indicators of mineral metabolism and antioxidant protection in erythrocytes and blood plasma of rats. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2023;214(6): 146–152. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-214-6-146-152

✉ **Corresponding author:**

Natalya A. Terekhina

terekhina@list.ru

Natalya A. Terekhina, Head of the Biochemistry Department, Professor, Doctor of Medical Sciences; ORCID: 0000-0002-0168-3785
Alexey D. Selin, Senior Lecturer of the Biochemistry Department; ORCID: 0000-0001-7514-3768
Ekaterina V. Zhidko, Cand. of Med. Sci., Associate Professor of the Biochemistry Department; ORCID: 0000-0001-6045-6972
Georgiy A. Terekhin, Head of the Department Extreme medicine and commodity science, Professor, Doctor of Medical Sciences; ORCID: 0000-0001-5633-0242

Summary

The aim of the research was a comparative analysis of the effect of electromagnetic radiation and acute alcohol intoxication on the parameters of mineral metabolism and antioxidant protection in erythrocytes and blood plasma of rats.

Materials and methods. The research was performed on 128 white non-linear rats. The study was conducted on five experimental models: acute ethanol poisoning, acute ethanol poisoning against the background of preliminary alcoholization, exposure to electromagnetic radiation for 1, 2 and 3 months. Spectrophotometrically determined the content of iron, copper, transferrin, ceruloplasmin and the activity of gamma-glutamyl transpeptidase in the blood plasma of rats, the content of glutathione in blood erythrocytes.

Results and discussion. A unidirectional nature of changes in the indicators of antioxidant protection and mineral metabolism in acute alcohol intoxication and electromagnetic irradiation was established, which consists in a decrease in the content of iron, transferrin, an increase in the content of ceruloplasmin, glutathione, and gamma-glutamyl transpeptidase activity. At the same time, a decrease in the iron content and a change in the parameters of antioxidant protection in the blood plasma are more pronounced in acute ethanol poisoning than in electromagnetic irradiation.

Conclusions. Ceruloplasmin, transferrin, glutathione and gamma-glutamyl transpeptidase are targets for the action of electromagnetic radiation and ethanol. Determination of the activity of gamma-glutamyl transpeptidase in blood plasma has a prognostic value for determining the degree of liver damage not only with alcohol intoxication, but also with electromagnetic irradiation of the decimeter range.

Keywords: iron, copper, transferrin, ceruloplasmin, glutathione, gamma-glutamyltranspeptidase, electromagnetic radiation, acute alcohol intoxication

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Введение

Электромагнитное излучение (ЭМИ) антропогенного происхождения в условиях интенсивной урбанизации является всепроникающим фактором, оказывающим негативное влияние на здоровье человека [1]. ЭМИ, генерируемое мобильными телефонами, считается возможным канцерогенным фактором [2, 3, 4]. Повсеместное неконтролируемое по продолжительности и по

вторяемости использование мобильных телефонов способно оказывать негативное влияние на структуру и функции клеток печени [5, 6]. Чрезмерное употребление алкоголя связано с риском развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, гепатобилиарной системы, и может быть причиной смерти [7–10]. Алкогольная болезнь печени раз-

вивается у 60–100% лиц, злоупотребляющих алкоголем [11]. Ксенобиотики способны воздействовать на процессы свободнорадикального окисления и звенья антиоксидантной системы [12–15].

Материалы и методы

Биохимические исследования были проведены в лаборатории кафедры биологической химии ФГБОУ ВО ПГМУ имени академика Е. А. Вагнера МЗ РФ. На базе токсикологической лаборатории кафедры экстремальной медицины ФГБОУ ВО ПГФА МЗ РФ проводили заправку и облучение крыс. Исследовали периферическую кровь 128 белых нелинейных крыс самцов массой 150–220 г. Требования Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным полностью соблюдались.

Животные были разделены на 6 групп. В первую контрольную группу вошли 43 интактных крысы. Животные второй, третьей и четвертой групп размещались в другом помещении и подвергались воздействию ЭМИ в течение 1, 2 и 3 месяцев соответственно по разработанной ранее модели [16]. Пятую группу составили 20 крыс с острым отравлением этанолом (ООЭ). Животным этой группы внутрижелудочно вводили 40% раствор этанола в дозе 0,5 LD₅₀. Крысам шестой группы ежедневно в течение 1 месяца внутрижелудочно вводили

Цель исследования – сравнительный анализ влияния электромагнитного излучения и острой алкогольной интоксикации на показатели минерального обмена и антиоксидантной защиты в эритроцитах и плазме крови крыс.

этанол в дозе 1/3 LD₅₀, а затем вызывали ООЭ на фоне предварительной алкоголизации.

В эритроцитах крови крыс при ЭМИ и острой алкогольной интоксикации спектрофотометрически определяли содержание глутатиона по методу [17]. В плазме крови определяли содержание железа по методу [18], содержание белка-переносчика железа трансферрина по [19], содержание меди по методу [20], белка-переносчика меди церулоплазмина по [21] и активность фермента холестаза гамма-глутамилтранспептидазы (ГГТП) по методу [22].

Статистический анализ результатов исследования проводили в программах Statistica 10.0 и Microsoft Office 2010. С помощью расчета критерия Шапиро-Уилка определяли характер распределения данных. Оценку достоверности различий количественных показателей проводили с помощью t-критерия, данные представлены как M±m. Различия между сравниваемыми группами считали достоверными при p<0,05.

Результаты и обсуждение

Нахождение животных в условиях воздействия ЭМИ в течение 2 и 3 месяцев сопровождалось значительным снижением в плазме крови содержания железа на 25% и 42% соответственно (рис. 1). Более значимо снижался уровень железа в плазме крови крыс при ООЭ, чем при воздействии электромагнитного облучения. При ООЭ содержание железа снижалось почти в 4 раза, а у животных шестой группы в 7 раз по сравнению с контролем (рис. 1).

Воздействие ЭМИ в течение 2 и 3 месяцев привело к увеличению содержания меди на 14% и 32% соответственно по сравнению с контролем (рис. 2).

В плазме крови животных с острой алкогольной интоксикацией содержание трансферрина снижалось, а уровень церулоплазмина увеличивался (табл. 1). Не было выявлено изменений изученных

антиоксидантов в крови животных через 1 и 2 месяца воздействия ЭМИ. Спустя 3 месяца нахождения животных в условиях влияния ЭМИ в плазме крови содержание трансферрина уменьшалось на 32%, а уровень церулоплазмина увеличивался (табл. 1).

Церулоплазмин является одним из основных антиоксидантов плазмы крови. Представляло интерес изучить содержание главного антиоксиданта эритроцитов глутатиона при ООЭ и ЭМИ. Содержание глутатиона у крыс 5-й группы с ООЭ увеличивалось в 2 раза, а у животных 6-й группы снижалось почти в 2 раза (рис. 3). Статистически значимое повышение на 20% содержания глутатиона наблюдалось в эритроцитах крови крыс 4-й группы при воздействии ЭМИ в течение 3 месяцев (рис. 3).

Рисунок 1. Содержание железа (мкмоль/л) в плазме крови крыс при электромагнитном облучении и острой алкогольной интоксикации (M±m). По оси абсцисс: 1 – контроль, 2 – ЭМИ (1 мес.), 3 – ЭМИ (2 мес.), 4 – ЭМИ (3 мес.), 5 – ООЭ, 6 – ООЭ на фоне предварительной алкоголизации.

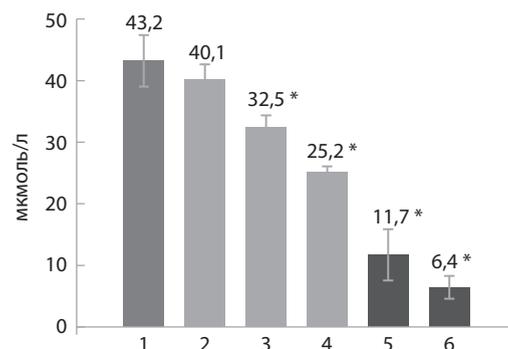


Рисунок 2. Содержание меди (мкмоль/л) в плазме крови крыс при электромагнитном облучении ($M \pm m$). По оси абсцисс: 1 – контроль, 2 – ЭМИ (1 мес.), 3 – ЭМИ (2 мес.), 4 – ЭМИ (3 мес.).

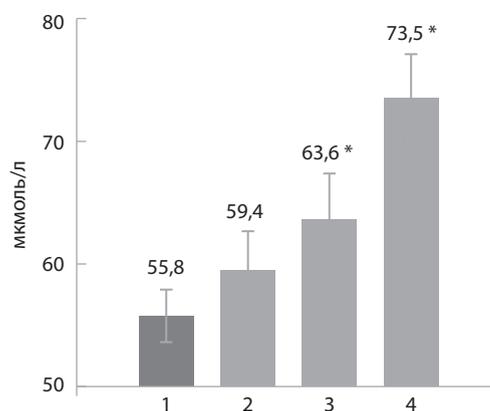


Таблица 1. Содержание антиоксидантов в плазме крови крыс при электромагнитном облучении и острой алкогольной интоксикации ($M \pm m$)

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с контролем

Исследуемая группа	Церулоплазмин	Трансферрин
Контроль	237,7±13,3	42,4±4,8
ЭМИ (1 мес.)	257,6±15,6	37,9±2,2
ЭМИ (2 мес.)	270,3±17,1	32,3±2,8*
ЭМИ (3 мес.)	295,2±14,5*	26,2±1,9*
ООЭ	282,5±10,3*	30,1±3,8*
ООЭ на фоне предварительной алкоголизации	295,1±18,8*	22,3±5,3*

Рисунок 3. Содержание глутатиона (мкмоль/г Hb) в эритроцитах при электромагнитном облучении и острой алкогольной интоксикации ($M \pm m$). По оси абсцисс: 1 – контроль, 2 – ЭМИ (1 мес.), 3 – ЭМИ (2 мес.), 4 – ЭМИ (3 мес.), 5 – ООЭ, 6 – ООЭ на фоне предварительной алкоголизации.

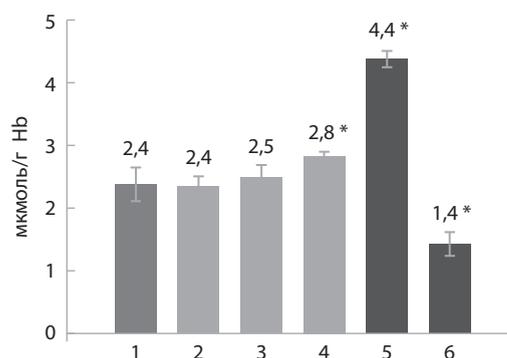
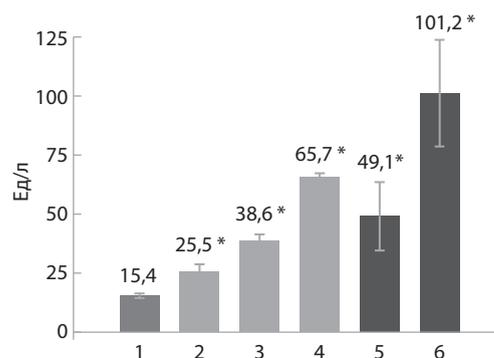


Рисунок 4. Активность ГГТП (Ед/л) в плазме крови крыс при электромагнитном облучении и острой алкогольной интоксикации. По оси абсцисс: 1 – контроль, 2 – ЭМИ (1 мес.), 3 – ЭМИ (2 мес.), 4 – ЭМИ (3 мес.), 5 – ООЭ, 6 – ООЭ на фоне предварительной алкоголизации.



Таким образом, установленное снижение трансферрина и увеличение церулоплазмينا при ООЭ и ЭМИ имели однонаправленный характер изменений. Однако при ООЭ увеличение содержания церулоплазмينا на 30% в плазме крови крыс происходило уже через 24 часа, а при ЭМИ увеличение церулоплазмينا наблюдалось лишь спустя 3 месяца. При ООЭ содержание глутатиона в эритроцитах крови животных 5-й группы увеличивалось почти в 2 раза, а в крови крыс 6-й группы, напротив, уменьшалось в 2 раза. Разнонаправленный характер изменений содержания глутатиона на двух моделях острой алкогольной интоксикации может быть связан со срывом функциональных возможностей глутатионовой системы.

Состояние печени оказывает влияние на содержание антиоксидантов в плазме крови [23]. При

ООЭ и ЭМИ изменяется проницаемость мембран эритроцитов и гепатоцитов [16, 24]. Представляло интерес изучить активность фермента ГГТП, регулирующего процессы ресинтеза главного антиоксиданта эритроцитарных мембран глутатиона. Активность этого фермента при ООЭ увеличилась в 3 раза, а у крыс 6-й группы почти в 7 раз (рис. 4).

Воздействие ЭМИ дециметрового диапазона уже в течение 1 месяца привело к статистически значимым изменениям активности ГГТП в плазме крови животных. При нахождении крыс в течение 2 месяцев в условиях воздействия ЭМИ активность фермента в плазме крови достоверно увеличилась в 2,5 раза, а спустя 3 месяца более чем в 4 раза по сравнению с контролем (рис. 4).

Обсуждение

К воздействию ЭМИ дециметрового диапазона и острой алкогольной интоксикации оказались чувствительными показатели антиоксидантной защиты. При ООЭ, как и при длительном воздействии ЭМИ, изменения показателей хемилуминесцентного анализа у крыс в эксперименте имеют однонаправленный характер, свидетельствующий о снижении процессов свободнорадикального окисления [15, 16]. Содержащиеся в крови антиоксиданты глутатион, церулоплазмин, трансферрин защищают от избытка свободных радикалов. Церулоплазмин, будучи белком острой фазы воспаления, синтезируется в печени и обладает выраженной ферроксидазной активностью, а трансферрин оказывает ингибирующее влияние на процессы железоиндуцированного перекисного окисления липидов.

Однонаправленный характер изменений при ЭМИ и острой алкогольной интоксикации, заключающийся в снижении содержания двухвалентного железа, трансферрина, а также компенсаторном увеличении церулоплазмينا говорит о нарушении транспортных механизмов железа, связанных с воспалительным процессом. Электромагнитное облучение усиливает экспрессию белков, коррелирующих с выраженностью воспалительных процессов [25]. При воспалительных процессах повышение главного гуморального регулятора системного гомеостаза железа гепсидина оказывает ингибирующее влияние на белковые переносчики, что сопровождается снижением абсорбции железа в кишечнике и блокировке его выхода из макрофагов. Последующее накопление железа в паренхиматозных органах сопровождается дегенеративными изменениями и развитием фиброза [26].

Содержание меди в плазме крови имеет прогностическое значение для определения степени поражения печени при заболеваниях гепатобилиарной системы и может быть использовано для дифференциальной диагностики механической желтухи опухолевого генеза [27], а также диагностики метастазов колоректального рака в печень [28]. Полученные результаты о повышении содержания меди в крови животных не исключают развитие холестаза при действии ЭМИ.

Установленные изменения, заключающиеся в увеличении содержания глутатиона в эритроцитах и церулоплазмينا в плазме крови, а также снижения содержания трансферрина у крыс могут рассматриваться в качестве адаптационного механизма активации антиоксидантной защиты в ответ на повреждающее действие этанола и ЭМИ. Несмотря на однонаправленный характер изменений показателей антиоксидантной защиты у крыс при изученных экзогенных факторах, изменения антиоксидантов при острой алкогольной интоксикации более значимы.

Фермент ГГТП является мишенью для действия разных ксенобиотиков, в том числе этанола [24]. Установлен однонаправленный характер изменений при острой алкогольной интоксикации и длительном воздействии ЭМИ, заключающийся в увеличении активности ГГТП и содержания глутатиона, что, очевидно, носит адаптивный компенсаторный характер изменений глутатионовой системы. При острых отравлениях эта система служит естественным цитопротектором [29]. Повреждающее воздействие ЭМИ и острой алкогольной интоксикации приводит к нарушению регуляторной активности глутатионового цикла и сопровождается нарушением цитопротекторной функции мембран эритроцитов. Характер изменений показателей при ООЭ на фоне предварительной алкоголизации имел отличительные особенности: резкое увеличение активности ГГТП и снижение содержания восстановленного глутатиона обусловлены истощением резервов этого антиоксиданта. Таким образом, функциональная активность системы глутатиона определяется тяжестью и длительностью воздействия экзогенного фактора. Определение содержания глутатиона и активности ГГТП имеет значение для оценки тяжести токсического поражения гепатоцитов и развития холестаза не только при алкогольной интоксикации, но и при электромагнитном облучении. Однонаправленные изменения содержания железа и показателей антиоксидантной защиты в плазме крови более выражены при остром отравлении этанолом, чем при электромагнитном облучении.

Выводы

Церулоплазмин, трансферрин, глутатион и гамма-глутамилтранспептидаза являются мишенью для действия электромагнитного излучения и этанола. Определение активности гамма-глутамилтранспептидазы имеет прогностическое значение для определения степени поражения печени не только при алкогольной интоксикации, но и при электромагнитном облучении дециметрового диапазона.

Литература | References

- Grigoriev Yu. G. From Electromagnetic Smog to Electromagnetic Chaos. To Evaluating the Hazards of Mobile Communication for Health of the Population. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2018; 63(3): 28–33. (In Russ.) doi: 10.12737/article_5b168a752d92b1.01176625.
Григорьев Ю. Г. От электромагнитного смога до электромагнитного хаоса. К оценке опасности мобильной связи для здоровья населения. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2018; 63(3):28–33.
- Grigoriev O. A., Grigoriev Y. G. Exposure to the risk assessment: EMF cell phones as a possible carcinogen. *Bulletin of Medical Internet Conferences*. 2012. 6:461–465. (in Russ.)
Григорьев О. А., Григорьев Ю. Г. ЭМП сотовых телефонов как возможный канцероген – к оценке риска воздействия. *Бюллетень медицинских Интернет-конференций*. 2012. 6:461–465.
- Zhavoronkov L. P., Petin V. G. The impact of electromagnetic radiation from cell phones on health. *Radiaciya i risk (Byulleten Nacionalnogo radiacionno-epidemiologicheskogo registra)*. 2016; 25(2): 43–56. (In Russ.)
Жаворонков Л. П., Петин В. Г. Влияние электромагнитных излучений сотовых телефонов на здоровье. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2016; 25(2): 43–56.
- Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B., et al; WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol*. 2011 Jul;12(7):624–6. doi: 10.1016/s1470–2045(11)70147–4.
- Nersesova L. S., Petrosyan M. S., Gazaryants M. G., Mkrtchyan Z. S., Meliksetyan G. O., Pogosyan L. G., Akopian J. I. Effect of Low-Intensity 900 MHz Frequency Electromagnetic Radiation on Rat Liver and Blood Serum Enzyme Activities. *Radiation biology Radioecology*. 2014; 54(5): 522–530. (in Russ.)
Нерсесова Л. С., Петросян М. С., Газарянц М. Г., Мкртчян З. С., Меликсетян Г. О., Погосян Л. Г., Акопян Ж. И. Действие низкоинтенсивного электромагнитного излучения с частотой 900 МГц на ферментативные активности печени и сыворотки крови крыс. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2014; 54(5): 522–530.
- Sieroń-Stołtny K., Pasek J., Cieślak G., Sieroń A. Influence of electromagnetic fields on prooxidant/antioxidant balance in rat liver. *Pol. J. Environ. Stud*. 2017; 26(1):279–285.
- Ivashkin V. T., Mayevskaya M. V., Pavlov C. S., Sivolap Yu. P., Lunkov V. D., Zharkova M. S., Maslennikov R. V. Management of adult patients with alcoholic liver disease: clinical guidelines of the Russian Scientific Liver Society. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*. 2017; 27(6):20–40. (In Russ.) doi: 10.22416/1382–4376–2017–27–6–20–40.
Ивашкин В. Т., Маевская М. В., Павлов Ч. С., Сиволап Ю. П., Лунков В. Д., Жаркова М. С., Маслеников Р. В. Клинические рекомендации Российского общества по изучению печени по ведению взрослых пациентов с алкогольной болезнью печени. *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. 2017; 27(6):20–40.
- Ikonnikova K. A., Eroshchenko N. N., Shikh E. V., Drozdov V. N. Clinical and diagnostic value of alcohol biomarkers. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2022; 203(7):211–223. (In Russ.) doi: 10.31146/1682–8658-ecg-203–7–211–223.
Иконникова К. А., Ерощенко Н. Н., Ших Е. В., Дроздов В. Н. Клинико-диагностическое значение биомаркеров алкоголя. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2022; 203(7):211–223.
- Livanov G. A., Lodyagin A. N., Lubsanova S. V., Kovalenko A. L., Batotsyrenov B. V., Sergeev O. A., Lodalze A. T., Andrianov A. Yu. Metabolic disturbances and ways of their pharmacological correction in acute poisoning with ethanol in patients with chronic alcoholism. *Journal of neurology and psychiatry. C. C. Korsakov*. 2015; 115(4–2):64–68. (In Russ.)
Ливанов Г. А., Лодягин А. Н., Лубсанова С. В. и др. Метаболические нарушения у больных с острыми отравлениями этанолом на фоне хронического алкоголизма и пути их фармакологической коррекции. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2015; 115(4–2):64–68.
- Lazebnik L. B., Golovanova E. V., Tarasova L. V., Krivosheev A. B., Sas E. I., Eremina E. Yu., Trukhan D. I., Hlynova O. V., Tsyganova Yu. V. Adult Alcoholic Liver Disease. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2020; 174(2):4–28. (In Russ.) doi: 10.31146/1682–8658-ecg-174–2–4–28.
Лазебник Л. Б., Голованова Е. В., Еремина Е. Ю., Кривошеев А. Б., Сас Е. И., Тарасова Л. В., Трухан Д. И., Хлынова О. В., Цыганова Ю. В. Алкогольная болезнь печени (АБП) у взрослых. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2020; 174(2):4–28. doi: 10.31146/1682–8658-ecg-174–2–4–28.
- Maev I. V., Abdurakhmanov D. T., Andreev D. N., Dicheva D. T. Alcoholic liver disease: State-of-the-art. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2014; 86(4):108–116. (In Russ.)
Маев И. В., Абдурахманов Д. Т., Андреев Д. Н., Дичева Д. Т. Алкогольная болезнь печени: современное состояние проблемы. *Терапевтический архив*. 2014; 86(4):108–116.
- Panchenko L. F., Davydov B. V., Terebilina N. N., Baronets V. Yu., Zhuravleva A. S. Oxidative stress in the of alcoholic liver disease. *Biomedical chemistry*. 2013; 59(4):452–458. (In Russ.)
Панченко Л. Ф., Давыдов Б. В., Теребилина Н. Н. и др. Окислительный стресс при алкогольной болезни печени. *Биомедицинская химия*. 2013; 59(4):452–458.

13. Terekhina N.A., Zorin M. G., Terekhin G. A. Effect of sapropeline muds on the parameters of oxidative stress and antioxidative defense in acute carbophos poisoning. *Pathological physiology and experimental therapy*. 2007; (1): 6–8. (In Russ.)
- Терехина Н. А., Зорин М. Г., Терехин Г. А. Влияние сапропелевых грязей на показатели окислительного стресса и антиоксидантной защиты при остром отравлении карбофосом. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2007; 1: 6–8.
14. Orbidans A. G., Terekhin G. A., Vladimirovsky E. V., Terekhina N. A. Experimental rationale for the use of enterosorbents in acute ethanol intoxication. *Pathological physiology and experimental therapy*. 2009; 4:29–30. (In Russ.)
- Орбиданс А. Г., Терехин Г. А., Владимирский Е. В., Терехина Н. А. Экспериментальное обоснование использования энтеросорбентов при остром отравлении этанолом. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2009; 4:29–30.
15. Terekhina N. A., Zhidko E. V., Terekhin G. A., Orbidans A. G. Influence of sorbents on indicators of antioxidant protection and free radical oxidation in acute alcohol intoxication. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*. 2017; 6:69–76. (In Russ.) doi: 10.20333/2500136–2017–6–69–76.
- Терехина Н. А., Жидко Е. В., Терехин Г. А., Орбиданс А. Г. Влияние сорбентов на показатели антиоксидантной защиты и свободнорадикального окисления при алкогольной интоксикации. *Сибирское медицинское обозрение*. 2017; 6:69–76. doi: 10.20333/2500136–2017–6–69–76.
16. Selin A. D., Terekhina N. A., Terekhin G. A. Influence of electromagnetic radiation on the permeability of erythrocyte membranes. *Krymskiy zhurnal eksperimental'noy i klinicheskoy meditsiny*. 2020; 10(4):43–49. (In Russ.)
- Селин А. Д., Терехина Н. А., Терехин Г. А. Влияние электромагнитного излучения на проницаемость эритроцитарных мембран. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2020; 10(4):43–49.
17. Beutler E. Red cell metabolism a manual of biochemical methods. Grune&Stration, Orlando.1990: 131–134.
18. Landers J.W., Zak B. Determination of serum copper and iron in a single small sample. *Am J Clin Pathol*. 1958 Jun;29(6):590–2. doi: 10.1093/ajcp/29.6_ts.590.
19. Dati F., Schumann G., Thomas L., Aguzzi F., Baudner S., Bienvenu J., Blaabjerg O., Blirup-Jensen S., Carlström A., Petersen P. H., Johnson A. M., Milford-Ward A., Ritchie R. F., Svendsen P. J., Whicher J. Consensus of a group of professional societies and diagnostic companies on guidelines for interim reference ranges for 14 proteins in serum based on the standardization against the IFCC/BCR/CAP Reference Material (CRM 470). International Federation of Clinical Chemistry. Community Bureau of Reference of the Commission of the European Communities. College of American Pathologists. *Eur J Clin Chem Clin Biochem*. 1996 Jun;34(6):517–20. PMID: 8831057.
20. Ohshita K., Wada H., Nakagawa G. Synthesis of bidentatepyridylazo and thiazolylazo reagents and the spectrophotometric determination of copper in a flow-injection system. *Analytica Chimica Acta*. 1985; 176:41–50. doi: 10.1016/S0003–2670(00)81632–3.
21. Kamyshnikov V.S. Clinical and biochemical laboratory diagnostics. Moscow. MED. press-inform, 2009, 896 p. (In Russ.)
- Камышников В. С. Клинико-биохимическая лабораторная диагностика: Справочник. М.: МЕД.пресс-информ; 2009. 896 с.
22. Kulhanek V., Dimov D.M. Comparison of four methods for the estimation of gamma-glutamyltranspeptidase activity in biological fluids. *Clin Chim Acta*. 1967 May;16(2):271–7. doi: 10.1016/0009–8981(67)90192–1.
23. Terekhina N. A., Zarivchatsky M. F., Vladimirov A. A., Khlebnikov V. V. Antioxidant protection in acute and chronic cholecystitis. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. 2008; (4):41–43. (In Russ.)
- Терехина Н. А., Заривчацкий М. Ф., Владимиров А. А., Хлебников В. В. Показатели антиоксидантной защиты при остром и хроническом холецистите. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2008; 4:41–43.
24. Terekhina N.A., Terekhin G. A., Zhidko E. V., Goryacheva O. G. Oxidative modification of proteins, permeability of erythrocyte membranes and activity gamma-glutamyltranspeptidase in various intoxications. *Medical science and education of Ural*.2019; 100(4):78–82. (In Russ.)
- Терехина Н. А., Терехин Г. А., Жидко Е. В., Горячева О. Г. Окислительная модификация белков, проницаемость эритроцитарных мембран и активность гамма-глутамилтранспептидазы при различных интоксикациях. *Медицинская наука и образование Урала*. 2019; 100(4):78–82.
25. El-Maleky N.F., Ebrahim R. H. Effects of exposure to electromagnetic field from mobile phone on serum hepcidin and iron status in male albino rats. *Electromagn Biol Med*. 2019;38(1):66–73. doi: 10.1080/15368378.2018.1531423.
26. Porter J.B. Monitoring and treatment of iron overload: state of the art and new approaches. *Semin Hematol*. 2005 Apr;42(2 Suppl 1): S14–8. doi: 10.1053/j.seminhematol.2005.01.004.
27. Terekhina N. A., Zhidko E. V., Terekhin G. A., Orbidans A. G. Predictive value of determining the copper content in diseases of the hepatobiliary tract. *Clinical laboratory diagnostics*. 2015; 9:63. (In Russ.)
- Терехина Н. А., Жидко Е. В., Терехин Г. А., Орбиданс А. Г. Прогностическое значение определения содержания меди при заболеваниях гепатобилиарного тракта. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2015; 9:63.
28. Zitta D.V., Terekhina N. A., Subbotin V. M. Prognostic value of plasma iron and copper levels in patients with colorectal cancer. *Medicinskij alfavit*. 2018;1 (5):32–34. (In Russ.)
- Зитта Д. В., Терехина Н. А., Субботин В. М. Прогностическое значение определения содержания железа и меди в плазме крови больных колоректальным раком. *Медицинский алфавит*. 2018; 342(5):32–34.
29. Glushkov S.I., Kutsenko S. A. Glutathione system as a natural cytoprotective system in the context of acute intoxication. *Medical-biological problems of radioprotective and chemical protection*. 2004:67–68. (In Russ.)
- Глушков С. И., Куценко С. А. Система глутатиона как естественная цитопротекторная система в условиях острых интоксикаций. *Медико-биологические проблемы противолучевой и противохимической защиты*. 2004; 67–68.