

И.И. Шантырь, Г.Г. Родионов, М.В. Санников, Е.В. Светкина, Е.А. Колобова

ОЦЕНКА МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА У ОПЕРАТИВНОГО СОСТАВА МЧС РОССИИ, РАБОТАЮЩЕГО В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Профессиональная деятельность оперативного состава МЧС в условиях Арктики сопровождается сложными адаптационными перестройками в организме, которые, в свою очередь, приводят к изменению всех видов обмена веществ, появлению функциональных отклонений и при отсутствии должной коррекции к развитию различных заболеваний. Сложная система метаболического взаимодействия человека и микробиоты хорошо описывается осью «микробиота – кишечник – мозг», включающей в себя эндокринные, иммунные и нейрогуморальные пути. Дисфункция этой оси у человека, возможно, ответственна за определенные звенья патогенеза различных заболеваний и соматопсихоневрологических расстройств.

Цель – изучить особенности состава микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в неблагоприятных условиях Арктики.

Методология. В исследуемую группу вошли 94 пожарных и спасателей МЧС России, работающих в Арктической зоне России. Все обследованные разделены на группы в зависимости от стажа работы по специальности – 0–5, 6–10, 11 лет и больше, а также от возраста – 22–35 и 36–56 лет. В группу сравнения вошли 98 человек – спасатели Северо-Западного регионального поисково-спасательного отряда и сотрудники территориальных пожарных частей Санкт-Петербурга. Все обследованные – лица мужского пола, средний возраст – $(32,1 \pm 0,5)$ лет.

Оценку количества и состав пристеночной микробиоты кишечника проводили по содержанию микробных маркеров в плазме крови, которое определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии.

Результаты и их анализ. Выявлены негативные изменения количества и структуры пристеночной микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России по сравнению с контрольной группой: снижено общее количество микробных маркеров – на 34 %, полезной флоры – на 44 %, условно-патогенной флоры – на 10 %, аэробов – на 25 %, анаэробов – на 32 %. В структуре полезной микрофлоры было выявлено значительное увеличение доли *Lactobacillus* почти в 1,5 раза на фоне снижения доли *Bifidobacterium* в 3 раза. Наиболее выраженные изменения микробиоты кишечника с увеличением стажа работы обнаружены у спасателей: снижение условно-патогенной флоры и аэробов, увеличение коэффициента соотношения анаэробной флоры к аэробной. По критерию Краскела–Уоллеса установлена зависимость количества микробных маркеров *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*/Cl. Subterminale, аэробов, эндотоксина, а также отношения анаэробной флоры к аэробной от стажа работы оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России.

Заключение. Эколого-профессиональный стресс у оперативного состава МЧС России, работающего в условиях Арктики, вызывает нарушение трофики различных видов эндогенной микрофлоры и ее регуляторные связи с организмом человека с формированием количественных и качественных изменений состава микрофлоры.

Ключевые слова: оперативный состав, пожарный, спасатель, микробиота, кишечник, микробные маркеры, Арктика, МЧС России.

Шантырь Игорь Игнатьевич – д-р мед. наук проф., гл. науч. сотр., зав. отд. биоиндикации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 190044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

Родионов Геннадий Георгиевич – д-р мед. наук доц., вед. науч. сотр., науч.-исслед. отд. биоиндикации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 190044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: rodgengeor@yandex.ru;

Санников Максим Валерьевич – канд. мед. наук доц., вед. науч. сотр., мед. регистр МЧС России, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 190044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: smakv@mail.ru;

Светкина Екатерина Владимировна – врач клинич. лаб. диагностики, отд. биоиндикации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 190044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: svetkina.evl@gmail.com;

Колобова Екатерина Алексеевна – канд. хим. наук, ст. науч. сотр., отд. биоиндикации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 190044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: ekatderyabina@mail.ru

Введение

Реализация крупных экономических и инфраструктурных проектов в Арктической зоне России превращает арктические территории в зону непрерывной хозяйственной деятельности. Во исполнение решения Совета Безопасности России оперативный состав МЧС России создает Систему комплексной безопасности населения и территорий Российской Арктики на базе комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России. Важная роль при этом отводится совершенствованию медицинского обеспечения оперативного состава, работающего в неблагоприятных условиях Арктики, с целью сохранения их профессионального здоровья и продления долголетия.

Профессиональная деятельность оперативного состава в условиях Арктики сопровождается сложными адаптационными перестройками в организме, которые, в свою очередь, приводят к изменению всех видов обмена веществ, появлению функциональных отклонений и при отсутствии должной коррекции к развитию различных заболеваний.

Микробиота кишечника выполняет в организме человека метаболические, защитные, иммуномодулирующие и трофические функции [2, 6], а с учетом того, что 70% всех микроорганизмов человека обитают в толстой кишке [15], функциональные возможности микробиоты кишечника вполне сопоставимы с деятельностью целого органа [10, 13].

Организм человека «сотрудничает» с микробиотой благодаря так называемому явлению метаболической интеграции [1]. При этом человек получает от микроорганизмов целый ряд ключевых метаболитов, не только поддерживающих его энергетический баланс (короткоцепочечные жирные кислоты и др.), но и активно участвующих в регуляции экспрессии его генов (генов цитохромов P450 в микросомах печени), нейротрансмиссии (ГАМК, глицин, глутаминовая кислота, метаболиты триптофана и серотонина), иммуномодуляции (гистамин) и других регуляторных и сигнальных процессах (норадреналин, адреналин) [11, 12].

Сложная система метаболического взаимодействия человека и микробиоты хорошо описывается осью «микробиота – кишечник – мозг», включающей в себя эндокринные, иммунные и нейрогуморальные пути [4, 11, 14]. Дисфункция этой оси у человека, возможно, ответственна за определенные звенья патогенеза различных заболеваний и соматопсихоневрологических расстройств.

Цель – изучить особенности состава микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в неблагоприятных условиях Арктики.

Материал и методы

В обследуемую группу вошли 94 человека оперативного состава МЧС России, лица мужского пола, работающие в Арктической зоне России, из них 39 спасателей и 55 пожарных. При анализе данных все обследованные разделены на группы в зависимости от стажа работы по специальности – 0–5, 6–10, 11 лет и больше, а также от возраста – 22–35 (65 человек) и 36–56 лет (34 человека).

Группу сравнения составили 98 человек оперативного состава МЧС России, лица мужского пола, средний возраст – $(32,1 \pm 0,5)$ лет, из них 21 человек – спасатели Северо-Западного регионального поисково-спасательного отряда и 77 человек – лица, непосредственно участвующие в пожаротушении, сотрудники территориальных пожарных частей Санкт-Петербурга.

Показатели микробных маркеров контрольной группы использованы по результатам ранее проведенного исследования [8]. В исследовании приняли участие 116 здоровых молодых людей (66 мужчин и 50 женщин), постоянно проживающих в Санкт-Петербурге, возраст обследованных – 20–35 лет.

Оценку состава пристеночной микробиоты кишечника проводили по количеству микробных маркеров в крови, которые определяли на газовом хроматографе «Agilent 7890» с масс-селективным детектором «Agilent 5975C» («Agilent Technologies», США). Хроматографическое разделение аналитов осуществляли на капиллярной колонке с метилсиликоновой привитой фазой HP-5ms («Agilent Technologies», США) длиной 25 м и внутренним диаметром 0,25 мм. В 2010 году Росздравнадзором разрешено применение данного метода в качестве новой медицинской технологии «Оценки микробиологического статуса человека методом хромато-масс-спектрометрии» на территории РФ (разрешение ФС 2010/038 от 24.02.2010 г.). Объединенные статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника: общее количество клеток, полезная микрофлора (ПФ), условно-патогенная микрофлора (УПФ) базировались на данных публикаций [5].

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью пакета программы Статистика 6.0, в том числе, проводили

Таблица 1

Статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника у контрольной группы и оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, Ме [q25; q75] клеток/г · 10⁷

Показатель	Контроль (n = 116)	Оперативный состав МЧС России (n = 94)
Полезная флора (ПФ)	315 [258; 366]	177* [166; 194]
Lactobacillus	108 [71; 130]	87* [77; 97]
Bifidobacterium	81 [51; 138]	15* [9; 22]
Eubacterium/Cl. Coccoides	85 [69; 115]	51* [38; 71]
Propionibacterium/Cl. Subterminale	28 [21; 39]	22* [17; 27]
Условно-патогенная флора (УПФ)	220 [199; 243]	196* [182; 220]
Толстый кишечник (анаэробы)	304 [252; 362]	206* [184; 230]
Тонкий кишечник (аэробы)	235 [195; 261]	176* [158; 194]
Грибы	3,80 [2.86; 5.09]	0,48* [0.35; 0.61]
Герпес	74 [52; 94]	29* [23; 35]
Цитомегаловирус	22 [13; 48]	19 [17; 23]
Общая сумма микробных маркеров	645 [582; 737]	426* [399; 462]
Эндотоксин, клеток/г · 10 ⁵	0,63 [0,46; 1,28]	0,80 [0,58; 1,17]
Отношение ПФ к УПФ, ед.	1,41 [1,15; 1,71]	0,89* [0,80; 1,01]
Отношение анаэробной флоры к аэробной, ед.	1,35 [1,05; 1,66]	1,19* [1,04; 1,38]

* По сравнению с контролем различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни

описательную статистику, непараметрическое сравнение по критериям Краскела–Уоллеса, Манна–Уитни и Фишера, многомерные регрессии и корреляции. Значения считали достоверными на уровне $p < 0,05$. В таблицах представлены медианы (Ме) и 25–75-процентные интервалы (q25; q75) показателей.

Результаты и их анализ

Выявлены статистически значимые различия (U-критерий Манна–Уитни) практически всех маркеров пристеночной микробиоты кишечника (кроме цитомегаловируса и эндотоксина)

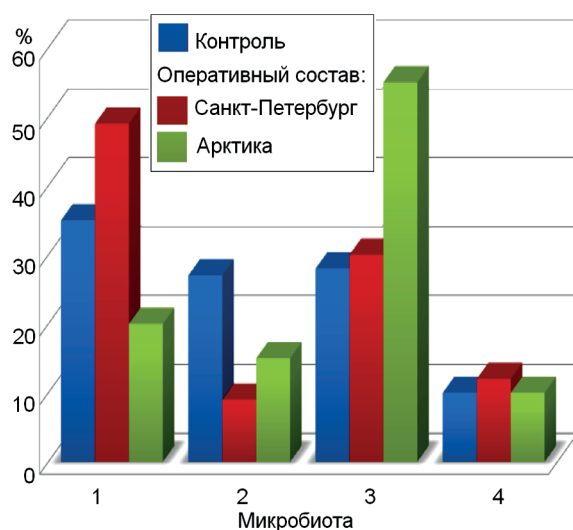


Рис. 1. Структура полезной пристеночной микрофлоры кишечника у контрольной группы и оперативного состава МЧС России, работающего в Арктике и Санкт-Петербурге.

1 – Lactobacillus, 2 – Bifidobacterium, 3 – Eubacterium/Cl. Coccoides, 4 – Propionibacterium/Cl. Subterminale.

в плазме крови у обследованного оперативного состава МЧС, работающего в Арктической зоне России, по сравнению с референсными значениями контрольной группы (табл. 1).

Общее количество микробных маркеров у обследованного оперативного состава МЧС России было снижено на 34 %. Концентрация полезной флоры снижена на 44 %, в основном за счет выраженного уменьшения количества микробных маркеров Bifidobacterium в 5,5 раза, Eubacterium/Cl. Coccoides – на 40 %, Lactobacillus и Propionibacterium/Cl. subterminale – на 21 %.

Количество микробных маркеров условно-патогенной флоры снижено на 10 %. При этом коэффициент отношения полезной флоры к условно-патогенной был снижен на 37 %. Количество аэробов снижено на 25 %, анаэробов – на 32 %, а отношение анаэробной флоры к аэробной – на 12 %.

Обращает на себя внимание значительное снижение количества маркеров грибов в 8 раз и герпеса в 2,5 раза.

Распределение структуры полезной пристеночной микробиоты кишечника у контрольной группы и оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, а также в Санкт-Петербурге, представлено на рис. 1. Так, у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне, была увеличена доля Lactobacillus почти в 1,5 раза на фоне снижения доли Bifidobacterium в 3 раза по сравнению с контрольной группой, а также выявлено увеличение доли Lactobacillus в 2,5 раза на фоне снижения Bifidobacterium

Таблица 2

Статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, и контрольной группы, Ме [q25; q75] клеток/г · 10⁷

Показатель	Контроль (n = 116)	Спасатели (n = 39)	Пожарные (n = 55)
Полезная флора (ПФ)	315 [258; 366]	176* [164; 195]	181* [169; 93]
Lactobacillus	108 [71; 130]	82* [77; 97]	88* [79; 97]
Bifidobacterium	81 [51; 138]	14* [7; 20]	15* [9; 25]
Eubacterium/Cl. Coccoides	85 [69; 115]	54* [38; 67]	50 [37; 71]
Propionibacterium/Cl. Subterminale	28 [21; 39]	22* [17; 27]	22* [16; 27]
Отношение ПФ к УПФ	1,41 [1,15; 1,71]	0,90* [0,80; 1,01]	0,88* [0,80; 1,01]
Толстый кишечник (анаэробы)	304 [252; 362]	200* [185; 224]	208* [182; 233]
Тонкий кишечник (аэробы)	235 [195; 261]	168* [152; 188]	177* [161; 194]
Грибы	3,80 [2,86; 5,09]	0,44* [0,34; 0,58]	0,49* [0,37; 0,65]
Герпес	74 [52; 94]	27* [20; 33]	31* [25; 38]
Цитомегаловирус	22 [13; 48]	21 [20; 24]	18*# [15; 21]
Общая сумма микробных маркеров	645 [582; 737]	418* [395; 462]	434* [413; 462]
Эндотоксин, клеток/г · 10 ⁵	0,63 [0,46; 1,28]	0,81 [0,63; 1,20]	0,76 [0,51; 1,11]
Отношение ПФ к УПФ, ед.	2,20 [1,99; 2,43]	1,94* [1,77; 2,16]	1,99* [1,84; 2,20]
Отношение анаэробной флоры к аэробной, ед.	1,35 [1,05; 1,66]	1,20* [1,03; 1,41]	1,17* [1,04; 1,31]

*При сравнении пожарных и спасателей с контролем различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни.

При сравнении пожарных и спасателей различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни.

и Eubacterium/Cl. Coccoides в 1,8 раза по сравнению с оперативным составом МЧС России Санкт-Петербурга.

Выявлены статистически значимые различия почти всех маркеров пристеночной микробиоты кишечника (кроме эндотоксина) в плазме крови у оперативного состава МЧС, работающего в Арктической зоне России, по сравнению с контрольной группой (табл. 2). Однако статистически значимые различия между группой спасателей и пожарных выявлены только по количеству маркеров герпеса (повышение у пожарных – на 15 %) и цитомегаловируса (снижение у пожарных – на 15 %).

Статистически значимых различий между маркерами пристеночной микробиоты кишечника в плазме крови у пожарных и спасателей МЧС, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от возраста не выявлено. При этом обнаружено статистически значимое повышение маркеров цитомегаловируса на 19 % и снижение маркеров герпеса на 30 % у спасателей в возрасте 22–35 лет по сравнению с аналогичным возрастом у пожарных.

Выявлены статистически значимые различия некоторых маркеров пристеночной микробиоты кишечника в плазме крови у оперативного состава МЧС, работающего в Аркти-

Таблица 3

Статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, в зависимости от стажа работы, Ме [q25; q75] клеток/г · 10⁷

Показатель	Стаж работы оперативного состава, лет		
	0–5 (n = 35)	6–10 (n = 36)	11 и более (n = 23)
Полезная флора (ПФ)	184 [168; 195]	182 [169; 195]	173 [166; 187]
Lactobacillus	93 [85; 99]	82 [77; 96]	78* [70; 92]
Bifidobacterium	11 [7; 19]	15 [8; 27]	18 [13; 22]
Eubacterium/Cl. Coccoides	55 [40; 75]	51 [38; 74]	50 [38; 66]
Propionibacterium/Cl. Subterminale	20 [15; 24]	24* [19; 28]	20 [17; 26]
Условно-патогенная флора (УПФ)	209 [194; 236]	188* [178; 217]	196* [181; 210]
Толстый кишечник (анаэробы)	206 [185; 236]	212 [177; 239]	205 [186; 225]
Тонкий кишечник (аэробы)	185 [179; 204]	166* [151; 191]	164* [155; 177]
Грибы	0,46 [0,37; 0,64]	0,49 [0,30; 0,59]	0,51 [0,36; 0,61]
Герпес	30 [23; 35]	29 [24; 35]	29 [23; 36]
Цитомегаловирус	18 [15; 21]	19 [16; 22]	20 [18; 24]
Общая сумма микробных маркеров	446 [415; 469]	420 [389; 464]	423 [398; 460]
Эндотоксин, клеток/г · 10 ⁵	0,66 [0,49; 0,83]	0,79 [0,57; 1,18]	0,86* [0,71; 1,19]
Отношение ПФ к УПФ, ед.	0,85 [0,80; 0,95]	0,89 [0,81; 1,05]	0,90 [0,78; 1,01]
Отношение анаэробной флоры к аэробной, ед.	1,13 [1,01; 1,24]	1,24* [1,07; 1,43]	1,26* [1,10; 1,35]

*По сравнению с группой спасателей и пожарных со стажем 0–5 лет различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни.

ческой зоне России, в зависимости от стажа работы (табл. 3).

Так, у оперативного состава со стажем 6–10 и 11 лет и более по сравнению со стажем 0–5 лет выявлялось статистически значимое снижение количества микробных маркеров условно-патогенной флоры и аэробов на 10–12 %, а также увеличение коэффициента соотношения анаэробной флоры на ту же величину, что указывает на преобладание анаэробной флоры.

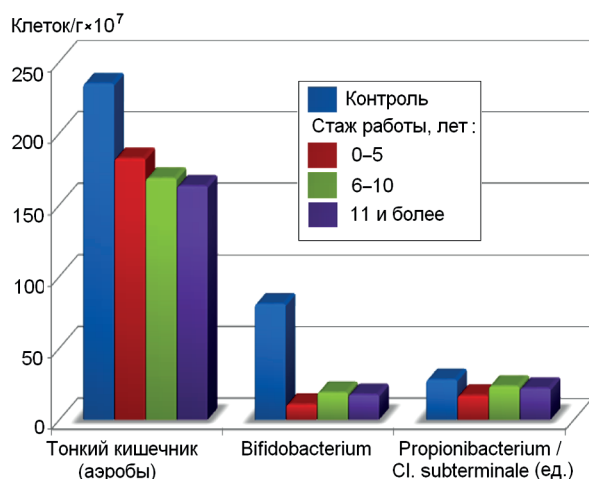


Рис. 2. Изменения количества микробных маркеров флоры кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктике, в зависимости от стажа работы по сравнению с контрольной группой.

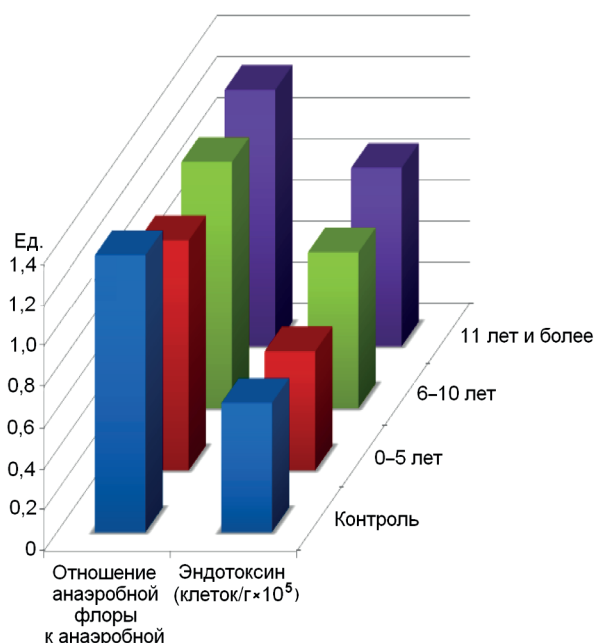


Рис. 3. Изменения количества эндотоксина и коэффициента отношения анаэробной флоры к аэробной флоре кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктике, в зависимости от стажа работы по сравнению с контрольной группой.

У оперативного состава со стажем 6–10 лет по сравнению со стажем 0–5 лет отмечалось увеличение количества маркеров *Propionibacterium/Cl. subterminale* на 16 %, со стажем 11 лет и более выявлялось статистически значимое снижение микробных маркеров *Lactobacillus* на 17 % и выраженное увеличение уровня эндотоксина на 30 %.

Проведенный дисперсионный анализ оперативного состава по непараметрическому ранговому критерию Краскела–Уоллеса позволил установить зависимость количества микробных маркеров *Bifidobacterium* ($p < 0,05$) и *Propionibacterium/Cl. Subterminale* ($p < 0,012$), аэробов ($p < 0,05$), эндотоксина ($p < 0,003$), а также отношения анаэробной флоры к аэробной ($p < 0,03$) от стажа работы (рис. 2, 3).

У оперативного состава МЧС Санкт-Петербурга по сравнению с оперативным составом МЧС России, работающим в Арктической зоне России, было снижено количество маркеров полезной пристеночной микробиоты кишечника, например, *Lactobacillus* – в 3 раза, а *Propionibacterium/Cl. Subterminale* – в 1,6 раза. Обращает на себя внимание повышение относительно нормы количества маркеров *Eubacterium/Cl. Coccoides* на 56 % у оперативного состава МЧС Санкт-Петербурга, в то время как у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, их количество было снижено на 40 %.

У оперативного состава МЧС Санкт-Петербурга отмечалось сниженное количество общих микробных маркеров 1,3 раза, условно-патогенной флоры и аэробов – в 3 раза, а также увеличение коэффициента соотношения анаэробной флоры к аэробной – в 3 раза. У оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, выявлялось сниженное количество маркеров анаэробов в 2 раза и коэффициента соотношения полезной флоры к условно-патогенной – в 1,6 раза.

Выявлены статистически значимые различия некоторых маркеров пристеночной микробиоты кишечника в плазме крови у пожарных МЧС, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от стажа работы (табл. 4). Так, отмечалось увеличение количества микробных маркеров *Propionibacterium/Cl. Subterminale* на 26 % у пожарных со стажем 6–10 лет по сравнению с пожарными со стажем 0–5 лет с последующим снижением на 20 % при стаже 11 лет и более. У пожарных со стажем 11 лет и более выявлялось снижение количества микробных маркеров условно-патогенной флоры и аэробов на 9 и 11 % соответственно.

Таблица 4

Статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника у пожарных МЧС России, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от стажа работы, Ме [q25; q75] клеток/г · 10⁷

Показатель	Стаж работы пожарных, лет		
	0–5 (n = 17)	6–10 (n = 23)	11 и более (n = 15)
Полезная флора (ПФ)	186 [168; 201]	187 [171; 194]	177 [166; 191]
Lactobacillus	94 [86; 97]	86 [81; 96]	78 [72; 93]
Bifidobacterium	11 [8; 21]	14 [9; 29]	16 [13; 23]
Eubacterium/Cl. Coccoides	59 [43; 75]	50 [38; 63]	5.0 [35; 65]
Propionibacterium/Cl. Subterminale	19 [15; 23]	24* [22; 29]	19* [13; 24]
Условно-патогенная флора (УПФ)	209 [192; 236]	194 [179; 217]	1.92* [1.83; 2.09]
Толстый кишечник (анаэробы)	209 [193; 236]	217 [177; 241]	204 [183; 211]
Тонкий кишечник (аэробы)	188 [182; 201]	169 [153; 196]	167* [161; 177]
Грибы	0,53 [0,37; 0,71]	0,49 [0,31; 0,59]	0,51 [0,43; 0,61]
Герпес	30 [27; 35]	32 [25; 40]	29 [22; 36]
Цитомегаловирус	17 [14; 19]	17 [15; 20]	20 [17; 23]
Общая сумма микробных маркеров	447 [425; 463]	421 [403; 474]	423 [400; 437]
Эндотоксин, клеток/г · 10 ⁵	0,60 [0,47; 0,84]	0,76 [0,53; 1,18]	0,86 [0,71; 1,19]
Отношение ПФ к УПФ, ед.	0,86 [0,78; 1,03]	0,88 [0,81; 1,02]	0,90 [0,82; 1,01]
Отношение анаэробной флоры к аэробной, ед.	1,14 [1,01; 1,26]	1,20 [1,08; 1,43]	1,17 [1,03; 1,27]

*По сравнению с группой пожарных со стажем 0–5 лет различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни.

Выявлены статистически значимые различия некоторых маркеров пристеночной микробиоты кишечника в плазме крови у спасателей МЧС, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от стажа работы (табл. 5). Так, у спасателей со стажем 6–10 лет по сравнению со спасателями со стажем 0–5 лет выявлялось снижение количества микробных маркеров условно-патогенной флоры и аэробов на 10 и 11 % соответственно. У спасателей со стажем 11 лет и более по сравнению со спасателями со стажем 0–5 лет наблюдалось увеличение коэффициента соотношения анаэробной

флоры к аэробной на 23 %, что указывает на преобладание анаэробной флоры.

Обсуждение. Типичной реакцией организма на различные по своей природе воздействия является стрессовый адаптационный синдром, при котором стереотипно формируются изменения микробиоценоза. При стрессе в условиях гипоксии слизистой оболочки происходит переключение метаболизма эпителиоцитов с цикла Кребса на анаэробный гликолиз с активацией гексозомонофосфатного шунта. В результате летучие жирные кислоты бактериального происхождения перестают

Таблица 5

Статистические показатели пристеночной микробиоты кишечника у спасателей МЧС России, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от стажа работы, Ме [q25; q75] клеток/г · 10⁷

Показатель	Стаж работы спасателей, лет		
	0–5 (n = 18)	6–10 (n = 13)	11 и более (n = 8)
Полезная флора (ПФ)	182 [169; 195]	176 [154; 202]	173 [167; 185]
Lactobacillus	92 [82; 100]	78 [71; 82]	77 [69; 90]
Bifidobacterium	13 [6; 18]	15 [9; 20]	19 [12; 22]
Eubacterium/Cl. Coccoides	52 [37; 66]	51 [44; 82]	54 [42; 68]
Propionibacterium/Cl. Subterminale	22 [16; 25]	22 [18; 26]	23 [20; 34]
Условно-патогенная флора (УПФ)	21 [20; 23]	19* [16; 20]	20 [18; 22]
Толстый кишечник (анаэробы)	199 [184; 233]	196 [181; 218]	223 [197; 240]
Тонкий кишечник (аэробы)	181 [174; 211]	162* [142; 169]	158 [151; 240]
Грибы	0,41 [0,34; 0,53]	0,44 [0,34; 0,57]	0,44 [0,34; 0,54]
Герпес	23 [19; 35]	26 [17; 31]	28 [27; 35]
Цитомегаловирус	20 [18; 26]	21 [19; 23]	22 [19; 25]
Общая сумма микробных маркеров	422 [410; 482]	397 [369; 446]	435 [398; 486]
Эндотоксин, клеток/г · 10 ⁵	0,71 [0,57; 0,82]	0,98 [0,62; 1,17]	0,85 [0,76; 1,11]
Отношение ПФ к УПФ, ед.	0,84 [0,80; 0,89]	1,04 [0,82; 1,13]	0,88 [0,76; 0,97]
Отношение анаэробной флоры к аэробной, ед.	1,13 [1,01; 1,21]	1,37 [1,08; 1,44]	1,39* [1,27; 1,45]

*По сравнению с группой спасателей со стажем 0–5 лет различия при $p < 0,05$ по U-критерию Манна–Уитни.

использоваться колоноцитами в качестве основного источника энергии, начинает утилизироваться эндогенная глюкоза. Активация гексозомонофосфатного шунта приводит к продукции свободных радикалов (супероксиданион, синглетный кислород, перекись водорода). Кроме этого, при гипоксии эпителия происходит ухудшение продукции и качества слизи, являющейся основной средой обитания нормальной пристеночной микрофлоры [2].

Стресс вызывает нарушение трофики различных видов эндогенной микрофлоры. Одновременно нарушаются трофические и регуляторные связи кишечной микрофлоры. В конечном итоге формируются количественные и качественные изменения состава микрофлоры. Учитывая, что адаптационный синдром представляет собой универсальную реакцию организма на многие факторы окружающей среды, следует полагать, что изменения нормальной микрофлоры будут являться закономерным следствием стрессового воздействия любого характера [2]. По данным ряда исследователей [3, 7, 9, 16], оксидативный стресс нарушает качественный и количественный состав микробиоценоза кишечника вследствие размножения условно-патогенных бактерий в количестве, превышающем норму, что играет значительную роль в патогенезе неалкогольной жировой болезни печени, гиперхолестеринемии, запоров и наблюдается у пациентов с метаболическим синдромом.

Таким образом, нормальная микрофлора является мишенью негативного влияния разных по своей природе факторов. Независимо от вызвавшей их причины изменения в микробной экологии приводят к нарушению защитных, метаболических, регуляторных свойств микробиоты, что неизбежно отражается на всех процессах организма, прямо или косвенно связанных с функционированием микробиоценозов человека.

Обнаруженное в нашем исследовании у оперативного состава МЧС, работающего в Арктической зоне России, выраженное снижение общего количества микробных маркеров, условно-патогенной флоры, анаэробов и аэробов, а также полезной флоры за счет снижения количества микробных маркеров *Lactobacillus*, *Eubacterium*/Cl. *Coccoides*, *Propionibacterium*/Cl. *subterminale* и особенно *Bifidobacterium* указывает на развитие стрессового адаптационного синдрома, который может вызвать развитие метаболического синдрома [4].

В [4] отмечают, что именно *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* участвуют в синтезе витаминов,

процессах пищеварения, стимулируют иммунные функции, оказывают антиканцерогенное действие, снижают уровень холестерина и подавляют рост экзогенных и/или вредных бактерий, а их снижение у обследованных нами групп пожарных и спасателей, вероятно, и может обуславливать развитие метаболического синдрома.

Выводы

1. Выявлены негативные изменения количества и структуры пристеночной микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, по сравнению с оптимальным пейзажем:

- снижено общее количество микробных маркеров на 34 %, полезной флоры – на 44 %, в основном за счет выраженного уменьшения количества микробных маркеров *Bifidobacterium* – в 5,5 раза, *Eubacterium*/Cl. *Coccoides* – на 40 %, *Lactobacillus* и *Propionibacterium*/Cl. *subterminale* – на 21 %. Количество микробных маркеров условно-патогенной флоры снижено на 10 %. При этом коэффициент отношения полезной флоры к условно-патогенной был снижен на 37 %. Количество аэробов снижено на 25 %, анаэробов – на 32 %, а отношение анаэробной флоры к аэробной – на 12 %;

- выявлено выраженное увеличение доли *Lactobacillus* почти в 1,5 раза на фоне снижения доли *Bifidobacterium* в 3 раза.

2. С увеличением стажа работы у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне Российской Федерации, снижается количество микробных маркеров условно-патогенной флоры и аэробов, а также повышается величина коэффициента соотношения анаэробов к аэробам на 10–12 %, что указывает на преобладание анаэробной флоры. У оперативного состава МЧС России со стажем 6–10 лет по сравнению со стажем 0–5 лет отмечалось увеличение количества маркеров *Propionibacterium*/Cl. *subterminale* на 16 %, а у оперативного состава МЧС России со стажем более 11 лет и более – снижение микробных маркеров *Lactobacillus* на 17 % и выраженное увеличение уровня эндотоксина – на 30 %.

3. У оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, установлена зависимость количества микробных маркеров *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*/Cl. *Subterminale*, отношения анаэробной флоры к аэробной, количества аэробов и эндотоксина от стажа работы.

4. У оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, количество маркеров Eubacterium/Cl. Soccoides относительно нормы было снижено на 40 %, в то время как у оперативного состава МЧС Санкт-Петербурга их количество было увеличено на 56 %. У оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России, по сравнению с оперативным составом МЧС России Санкт-Петербурга выявлялось снижение количества маркеров

анаэробов в 2 раза и коэффициента соотношения полезной флоры к условно-патогенной – в 1,6 раза.

5. Полученные данные позволяют отнести оперативный состав МЧС России, работающий в Арктической зоне России, к профессиональной группе повышенного риска утраты здоровья, особенно лиц с профессиональным стажем более 5 лет, и рекомендовать проведение периодической целенаправленной коррекции выявленных изменений.

Литература

1. Белобородова Н.В. Интеграция метаболизма человека и его микробиома при критических состояниях // *Общ. реаниматология*. 2012. Т. 8, № 4. С. 42–54. DOI: 10.15360/1813-9779-2012-4-42.
2. Дисбиоз кишечника. Руководство по диагностике и лечению. 2-е изд., испр. и доп. / под ред. Е.И. Ткаченко, А.Н. Суворова. СПб.: ИнформМед, 2009. 276 с.
3. Лазебник Л.Б., Звенигородская Л.А. Метаболический синдром и органы пищеварения. М.: Анахарсис, 2009. 183 с.
4. Метаболический синдром / под ред. А.В. Шаброва. СПб.: С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т, 2020. 496 с.
5. Методика масс-спектрометрии как способ оценки пристеночной микробиоты кишечника при заболеваниях органов пищеварения: учеб.-метод. пособие / под ред. Г.А. Осипова, В.П. Новиковой. СПб., 2013. 96 с.
6. Микрoэкология: фундаментальные и прикладные проблемы: монография / под ред. Н.Н. Плужникова, Я.А. Накатиса, О.Г. Хурцилавы. СПб.: Изд-во СЗГМУ им И.И. Мечникова, 2012. 304 с.
7. Немцов В.И. Нарушения состава кишечной микрофлоры и метаболический синдром // *Клин.-лаб. консилиум*. 2010. № 1. С. 4–13.
8. Родионов Г.Г., Шантырь И.И., Светкина Е.В. [и др.]. Оценка пристеночной микробиоты кишечника здоровых людей методом газовой хромато-масс-спектрометрии // *Трансляционная медицина*. 2017. Т. 4, № 6. С. 34–42.
9. Федосына Е.А., Жаркова М.С., Маевская М.В. Бактериальная кишечная микрофлора и заболевания печени // *Рос. журн. гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. 2009. Т. 19, № 6. С. 73–81.
10. Юдина Ю.В., Корсунский А.А., Аминова А.И., Абдуллаева Г.Д., Продеус А.П. Микробиота кишечника как отдельная система организма // *Доказательная гастроэнтерология*. 2019. Т. 8, № 6. С. 36–43.
11. Clarke G., Grenham S., Scully P. [et al.]. The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner // *Mol. Psychiatry*. 2013. Vol. 18, N 6. P. 666–673. DOI: 10.1038/mp.2012.77/.
12. Forsythe P., Kunze W.A. Voices from within: gut microbes and the CNS // *Cell. Mol. Life Sci*. 2013. Vol. 70, N 1. P. 55–69. DOI: 10.1007/s00018-012-1028-z.
13. Guinane C.M., Cotter P.D. Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: understanding a hidden metabolic organ // *Therap. Adv. Gastroenterol*. 2013. Vol. 6, N 4. P. 295–308. DOI: 10.1177/1756283X13482996.
14. Philpott H., Gibson P., Thien F. Irritable bowel syndrome – An inflammatory disease involving mast cells // *Asia Pac. Allergy*. 2011. Vol. 1, N 1. P. 36–42. DOI: 10.5415/apallergy.2011.1.1.36.
15. Sekirov I., Russell S.L., Antunes L.C., Finlay B.B. Gut microbiota in health and disease // *Physiol. Rev*. 2010. Vol. 90, N 3. P. 859–904. DOI: 10.1152/physrev.00045.2009.
16. Targher G. Non-alcoholic fatty liver disease, the metabolic syndrome and the risk of cardiovascular disease: the plot thickens // *Diabetic Medicine*. 2007. Vol. 24. N 1. P. 1–6.

Поступила 05.05.2022 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: И.И. Шантырь – методология и дизайн исследования, планирование цели и задач исследования, анализ литературных данных, редактирование окончательного варианта статьи; Г.Г. Родионов – методология и дизайн исследования, анализ литературных данных, подготовка иллюстративного материала, написание первого варианта статьи; М.В. Санников – организация сбора первичных клинических данных и отбора биопроб, характеристика клинического материала, редактирование окончательного варианта статьи; Е.В. Светкина – определение микробных маркеров в крови методом газовой хромато-масс-спектрометрии, статистический анализ первичных данных, участие в написании статьи; Е.А. Колобова – анализ полученных результатов, участие в написании статьи, перевод на английский язык, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Шантырь И.И., Родионов Г.Г., Санников М.В., Светкина Е.В., Колобова Е.А. Оценка микробиоты кишечника у оперативного состава МЧС России, работающего в Арктической зоне России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 2. С. 72–81. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-72-81

Evaluation of the intestinal microbiota in operational staff of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone of Russia

Shantyr' I.I., Rodionov G.G., Sannikov M.V., Svetkina E.V., Kolobova E.A.

Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

Igor Ignat'evich Shantyr' – Dr. Med. Sci. Prof., Chief Researcher of Scientific-Research Department of Bioindication, Head of the Department of Bioindication, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

Gennadii Georgievich Rodionov – Dr. Med. Sci. Associate Prof., Leading Researcher of the Scientific-Research Department of Bioindication, Head of the Laboratory of chromato-mass spectrometry of the Department of Bioindication, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: rodgengeor@yandex.ru;

Maksim Valerievich Sannikov – PhD Med. Sci. Associate Prof., Head, Medical Registry Department, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: smakv@mail.ru;

Ekaterina Vladimirovna Svetkina – doctor of clinical laboratory diagnostics of the Laboratory of chromato-mass spectrometry of the Department of Bioindication, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: svetkina.ev@gmail.com;

Ekaterina Alekseevna Kolobova – PhD Chem. Sci., Senior Researcher of the Scientific-Research Department of Bioindication, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: ekatderyabina@mail.ru

Abstract

Relevance. Professional activity of operational staff of the Russian EMERCOM in the Arctic zone is associated with adaptive changes in the body resulting in changes in all types of metabolism, appearance of functional abnormalities and, without proper correction, development of various diseases. The complex system of metabolic interaction between humans and the microbiota is well described by the “microbiota-gut-brain” axis, which includes endocrine, immune, and neurohumoral pathways. Dysfunction of this axis in humans may be involved in pathogenesis of various diseases and somatic psychoneurological disorders.

Intention is to study features of the intestinal microbiota in operational staff of the Russian EMERCOM working in the adverse conditions of the Arctic zone.

Methodology. A study group included 94 firefighters and rescuers of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone of Russia and was divided into subgroups depending on relevant work experience (0–5 years, 6–10 years, 11 years and more), as well as on age (22–35 years and 36–56 years). A control group included 98 rescue workers from the North-West regional search and rescue team and employees of the territorial fire departments of St. Petersburg (males aged 32.1 ± 0.5 years).

Quantity and composition of the parietal intestinal microbiota were assessed based on microbial markers in the blood plasma using gas chromatography-mass spectrometry.

Results and Discussion. Negative changes in the quantity and structure of the parietal intestinal microbiota were revealed in operational staff of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone of Russia as compared with the control group: the total number of microbial markers was reduced by 34 %, beneficial flora – by 44 %, opportunistic flora – by 10 %, aerobes – by 25 %, anaerobes – by 32 %. In the structure of beneficial microflora, the proportion of *Lactobacillus* was 1.5 times greater and the proportion of Bifidobacterium was 3 times fewer. The most pronounced changes in the intestinal microbiota with increase of work experience were found in rescuer workers (a decrease in opportunistic flora and aerobes, an increase in the ratio of anaerobic to aerobic flora). According to the Kruskal–Wallace test, the amount of microbial markers of Bifidobacterium, Propionibacterium/Ci. Subterminale, aerobes, endotoxin, as well as the ratio of anaerobic to aerobic flora depends on the work experience of operational staff of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone of Russia.

Conclusion. Ecological and professional stress in operational staff of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone disturbs trophism of various types of endogenous microflora and its regulatory relationships with the human body and, hence, results in quantitative and qualitative changes in the composition of the microflora.

Keywords: operational staff, firefighter, rescuer, microbiota, intestines, microbial markers, Arctic, EMERCOM of Russia.

References

1. Beloborodova N.V. Integracija metabolizma cheloveka i ego mikrobioma pri kriticheskikh sostojaniyah [Integration of Metabolism in Man and His Microbiome in Critical Conditions]. *Obshhaja reanimatologija* [General reanimatology]. 2012; 8(4):42–54. DOI: 10.15360/1813-9779-2012-4-4 (In Russ.).

2. Disbioz kishechnika. Rukovodstvo po diagnostike i lecheniju [Intestinal dysbiosis. Guidelines for diagnosis and treatment]. Eds.: E.I. Tkachenko, A.N. Suvorov. St. Petersburg. 2009. 276 p. (In Russ.)
3. Lazebnik L.B., Zvenigorodskaja L.A. Metabolicheskiy sindrom i organy pishhevareniya [Metabolic syndrome and digestive organs]. Moscow. 2009. 183 p. (In Russ.)
4. Metabolicheskiy sindrom [Metabolic syndrome]. Ed. A.V. Shabrov. St. Petersburg. 2020. 496 p (In Russ.)
5. Metodika mass-spektrometrii kak sposob ocenki pristenochnoj mikrobioty kishechnika pri zabolevaniyakh organov pishhevareniya [Method of mass spectrometry as a method for assessing the parietal intestinal microbiota in diseases of the digestive system]. Eds.: G.A. Osipov, V.P. Novikova. St. Petersburg. 2013. 96 p. (In Russ.)
6. Mikroekologiya: fundamental'nye i prikladnye problemy [Microecology: fundamental and applied problems]. Eds.: N.N. Pluzhnikov, Ja.A. Nakatis, O.G. Hurcilava. St. Petersburg. 2012. 304 p. (In Russ.)
7. Nemcov V.I. Narusheniya sostava kishechnoy mikroflory i metabolicheskiy sindrom [Intestinal microflora and metabolic syndrome]. *Kliniko-laboratornyy konsilium* [Clinical and laboratory consultation]. 2010; (1):4–13. (In Russ.)
8. Rodionov G.G., Shantyr' I.I., Svetkina E.V. [et al.]. Ocenka pristenochnoj mikrobioty kishechnika zdorovykh lyudej metodom gazovoy hromato-mass-spektrometrii [Evaluation of the wall intestinal microbiota of healthy people by gas chromatography-mass spectrometry method]. *Translacionnaya medicina* [Translational Medicine]. 2017; 4(6):34–42. (In Russ.)
9. Fedos'ina E.A., Zharkova M.S., Maevskaja M.V. Bakterial'naya kishechnaya mikroflora i zabolevaniya pecheni [Bacterial intestinal microflora and liver disease]. *Rossiyskiy zhurnal gastrojenterologii, gepatologii koloproktologii* [Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology]. 2009; 19(6): 73–81. (In Russ.)
10. Judina Ju.V., Korsunskiy A.A., Aminova A.I. [et al.]. Mikrobiota kishechnika kak otdel'naya sistema organizma [Gut microbiota as a separate body system]. *Dokazatel'naya gastrojenterologiya* [Russian Journal of Evidence-Based Gastroenterology]. 2019; 8(6):36–43. (In Russ.)
11. Clarke G., Grenham S., Scully P. [et al.]. The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner. *Mol. Psychiatry*. 2013; 18(6):666–673. DOI: 10.1038/mp.2012.77/.
12. Forsythe P., Kunze W.A. Voices from within: gut microbes and the CNS. *Cell. Mol. Life Sci*. 2013;70(1):55–69. DOI: 10.1007/s00018-012-1028-z.
13. Guinane C.M., Cotter P.D. Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: understanding a hidden metabolic organ. *Therap. Adv. Gastroenterol*. 2013;6(4):295–308. DOI: 10.1177/1756283X13482996.
14. Philpott H., Gibson P., Thien F. Irritable bowel syndrome – An inflammatory disease involving mast cells. *Asia Pac. Allergy*. 2011; 1(1):36–42. DOI: 10.5415/apallergy.2011.1.1.36.
15. Sekirov I., Russell S.L., Antunes L.C., Finlay B.B. Gut microbiota in health and disease. *Physiol. Rev*. 2010; 90(3):859–904. DOI: 10.1152/physrev.00045.2009.
16. Targher G. Non-alcoholic fatty liver disease, the metabolic syndrome and the risk of cardiovascular disease: the plot thickens. *Diabetic Medicine*. 2007; 24(1):1–6.

Received 05.05.2022

For citing: Shantyr' I.I., Rodionov G.G., Sannikov M.V., Svetkina E.V., Kolobova E.A. Otsenka mikrobioty kishechnika u operativnogo sostava MChS Rossii, rabotayushchego v Arkticheskoi zone Rossii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2022; (2):72–81. **(In Russ.)**

Shantyr' I.I., Rodionov G.G., Sannikov M.V., Svetkina E.V., Kolobova E.A. Evaluation of the intestinal microbiota in operational staff of the Russian EMERCOM working in the Arctic zone of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022; (2):72–81. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-72-81