

УДК 616.995.1-06: 577.124.8/.125.8

[https://doi.org/ 10.20538/1682-0363-2018-4-187-198](https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-4-187-198)

Для цитирования: Головач Е.А., Федорова О.С., Саприна Т.В., Иванов В.В., Перина Е.А., Ковширина Ю.В., Огородова Л.М. Метаболический синдром, нарушения углеводного и липидного обмена при гельминтозах: обзор современных данных. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018; 17 (4): 187–198.

Метаболический синдром, нарушения углеводного и липидного обмена при гельминтозах: обзор современных данных

Головач Е.А., Федорова О.С., Саприна Т.В., Иванов В.В.,
Перина Е.А., Ковширина Ю.В., Огородова Л.М.

Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ)
Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

РЕЗЮМЕ

Метаболический синдром (МС) – распространенное патологическое состояние, в основе которого лежат увеличение массы висцерального жира, инсулинорезистентность с гиперинсулинемией, нарушение углеводного, липидного и пуринового обмена. На формирование и течение МС может повлиять наличие сопутствующих заболеваний, сопровождающихся нарушением обмена веществ, среди которых – паразитарные инвазии. В настоящем обзоре представлен анализ результатов современных эпидемиологических и экспериментальных исследований в отношении влияния гельминтных инвазий на формирование и течение МС, а также ассоциированных с ним нарушений углеводного и липидного обмена.

Ключевые слова: метаболический синдром, углеводный обмен, липидный обмен, гельминтозы, трематодозы.

ВВЕДЕНИЕ

Метаболический синдром (МС) – патологическое состояние, в основе которого лежат увеличение массы висцерального жира, инсулинорезистентность с гиперинсулинемией, нарушение углеводного, липидного и пуринового обмена [1]. Распространенность МС в разных популяциях с использованием критериев Международной федерации диабета составляет 27,5–68,7%, Национальной образовательной программы по холестерину США – 22,6–40,9% [2–8]. На фоне МС происходят формирование таких заболеваний, как сахарный диабет 2-го типа (СД 2), артериальная гипертензия, неалкогольная жировая болезнь печени, а также повышение риска сердечно-сосудистой патологии [9–12].

Основными факторами риска МС являются генетическая предрасположенность, низкая

физическая активность, диета с высоким содержанием углеводов и липидов [13–15]. При этом наличие сопутствующих заболеваний, сопровождающихся нарушением обмена веществ, может оказать значительное влияние на формирование и течение МС. К числу таких факторов следует отнести паразитарные инвазии, регистрирующиеся в различных регионах мира, в том числе в России.

В мире до 56 млн человек страдают трематодозами, включая описторхоз [16]. Обь-Иртышский бассейн является мировым очагом распространения инвазии *Opisthorchis felinus* (*O. felinus*) с пораженностью населения до 80% [17–19]. В 2017 г. в России описторхоз составил 78,5% от числа биогельминтозов (18,7 тыс. случаев заражения) [20]. Таким образом, увеличение риска метаболических заболеваний следует рассматривать в контексте сохраняющейся высокой нагрузки паразитарных инвазий.

✉ Головач Екатерина Алексеевна, e-mail: versia113@gmail.com.

Цель данного обзора литературы – провести анализ результатов современных эпидемиологических и экспериментальных исследований в отношении влияния гельминтных инвазий на формирование и течение МС, а также ассоциированных с ним нарушений углеводного и липидного обмена.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные эпидемиологических исследований, направленных на изучение изменений углеводного и липидного обмена на фоне гельминтозов, крайне немногочисленны (табл. 1). Большинство таких исследований выполнялись в регионах Юго-Восточной Азии, эндемичных по различным гельминтозам.

Так, в рамках эпидемиологического исследования ($n = 646$, Индонезия, 2013 г.) анализировали влияние инвазии геогельминтами (*Ascaris lumbricoides*, *Necator americanus*, *Ancylostoma duodenale*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*) на чувствительность к инсулину у инвазированных лиц. Установлено, что у лиц с инвазией наблюдался более низкий индекс массы тела (ИМТ 22,5 против 23,2 кг/м²) и индекс инсулинорезистентности (НОМА-IR 0,81 против 0,97) по сравнению с участниками без инвазии. При наличии ко-инвазии другим геогельминтозом индекс НОМА-IR уменьшался на 0,10, преимущественно за счет снижения уровня инсулина при каждой дополнительной инвазии. Также выявлено снижение ИМТ на 0,3 кг/м² при обнаружении каждого последующего вида геогельминта у индивида [21].

В другом исследовании ($n = 259$, Австралия, 2013 г.) у участников исследования методом иммуноферментного анализа определяли наличие инвазии *Strongyloides stercoralis*, оценивали уровень гемоглобина, гликированного гемоглобина, концентрацию липидов в сыворотке крови, измеряли артериальное давление, ИМТ. Результаты свидетельствуют, что стронгилоидоз снижает риск развития СД 2 у взрослых на 61% [22].

В ходе эпидемиологического исследования ($n = 3\,913$, Китай, 2013 г.) изучали ассоциацию между перенесенным шистосомозом (по данным анамнеза и регистра инфекционных заболеваний), СД 2 и МС у пожилых индивидов. Участники с перенесенной инвазией *Schistosoma japonicum* ($n = 463$) имели более низкие уровни глюкозы плазмы натощак, постпрандиальной глюкозы, гликированного гемоглобина, инсулинорезистентности, а также низкую частоту СД 2 (14,9 против 25,4%) и МС (14 против 35%) по сравнению с контролем [23].

В аналогичном исследовании (Китай, 2015 г.) включали участников, проживавших на территории с высокой распространенностью *S. japonicum* 40 лет назад, из которых 465 человек с перенесенной инвазией и 1 132 – группа контроля. Установлена ассоциация между перенесенным шистосомозом и более низкой распространенностью МС и его компонентов (центральное ожирение, гипертриглицеридемия, низкий уровень липопротеидов низкой плотности (ЛПВП) [24].

Схожая закономерность обнаружена в другом исследовании (Китай, 2018 г.) с участием больных шистосомозом ($n = 2\,183$) и неинвазированных лиц ($n = 1\,798$). При шистосомозе регистрировался более низкий ИМТ в сравнении с лицами без инвазии (23,7 против 24,3 кг/м²), уровень глюкозы натощак (5,3 против 5,6 ммоль/л), уровень общего холестерина (ОХС) (4,6 против 5,3 ммоль/л), уровень триглицеридов (ТГ) (1,85 против 2,1 ммоль/л), уровень ЛПНП (2,89 против 3,1 ммоль/л) [25].

Одним из первых эпидемиологических исследований, посвященных взаимосвязи ожирения и инвазии печеночными трематодозами, является одномоментное исследование в эндемичном по инвазии *O. viverrini* регионе ($n = 730$, Таиланд, 2015 г.). В исследовании установлена ассоциация между описторхозом и наличием ожирения 1- и 2-й степени [26].

В современной литературе доступны результаты исследований, выполненных отечественными авторами в регионах, эндемичных по инвазии *O. felineus*. Так, в ходе исследования материалов аутопсий ($n = 319$, 2013 г.) оценивали количество взрослых особей гельминта *O. felineus* в желчных протоках исследуемой печени. Результаты свидетельствуют, что на фоне инвазии *O. felineus* отмечался более низкий уровень ОХС сыворотки крови в сравнении с образцами без инвазии. Показано, что хронический описторхоз был отрицательным предиктором атеросклероза: степень инвазии отрицательно коррелировала с площадью поражения аорты [27].

В одном из исследований ($n = 77$, 2001 г.) в биоптатах печени больных СД 1 и 2 на фоне инвазии *O. felineus* зафиксированы проявления клеточно-инволютивной дистрофии гепатоцитов, синдром внутриклеточного холестаза и очаговой липидной инфильтрации, а также перипортальный, периферальный и перигепатоцеллюлярный фиброз. Электронная микроскопия выявила дегенеративные изменения гепатоцитов с альтерацией ядер, связанной с нарушением метаболизма углеводов и высоким содержанием цитоплазматического гликогена [28].

Эпидемиологические исследования нарушений углеводного и липидного обмена при гельминтозах
Epidemiological study of carbohydrate and lipid metabolism disorders in helminthic infections

Автор, год Author, year	Страна Country	Дизайн исследования Study Design	Выборка Sample	Возраст, лет Age, years	Гельминт Helminth	Диагностика гельминтозов Diagnostic methods for helminthiasis	Исучаемая патология Studied pathology	Результат Result
Wigia A.E., 2015 [21]	Индонезия Indonesia	Одномоментное Cross-sectional study	646	≥18	<i>Trichuris trichiura</i> , <i>Ascaris lumbricoides</i> , <i>Necator americanus</i> , <i>Ancylostoma duodenale</i> , <i>Strongyloides stercoralis</i>	Микроскопия Stool microscopy ПЦР PCR	Инсулинорези- стентность Insulin resistance	Индивиды с инвазией: – снижение ИМТ, НОМА-IR; – при наличии ко-инвазии к другим видам гельминтов снижение НОМА-IR, ИМТ Individuals with infection: – lower BMI, НОМА-IR; – in case of co-infection with another soil transmitted helminth, a decrease in НОМА-IR, BMI
Hays R., 2015 [22]	Австралия Australia	Одномоментное Cross-sectional study	259	≥18	<i>Strongyloides stercoralis</i>	ИФА ELISA	Сахарный диабет 2 типа Type 2 diabetes mellitus	Индивиды с перенесенной инвазией: – на 61% реже СА 2 Individuals with previous infection: reduced risk of developing T2DM by 61%
Chen Y., 2013 [23]	Китай China	Одномоментное Cross-sectional study	3 913	≥60	<i>Schistosoma japonicum</i>	Анамнестические данные Локальный регистр Medical history Local registry data	Сахарный диабет 2 типа, метаболический синдром Type 2 diabetes mellitus, metabolic syndrome	Индивиды с перенесенной инвазией: – более низкие уровни глюкозы плазмы, посттрандуальной глюкозы, гликированного гемоглобина, НОМА-IR; – более низкая распространенность СА 2, МС Individuals with previous infection: – lower levels of FBG, PBG, glycosated hemoglo- bin, НОМА-IR; – lower prevalence of MS, T2DM
Shen S.-W., 2015 [24]	Китай China	Одномоментное Cross-sectional study	1 597	≥45	<i>Schistosoma japonicum</i>	Анамнестические данные, УЗИ печени Medical history, liver ultrasound	Метаболический синдром Metabolic syndrome	Индивиды с перенесенной инвазией: – более низкий ИМТ, окружность талии, ДАД, уровни ТТ, мочевого кислот; – высокий уровень ЛПВП; – низкая распространенность МС Individuals with previous infection: – lower BMI, WC, DBP, TG, UA; – higher level HDL-C; – lower prevalence of MS
Duan Q., 2018 [25]	Китай China	Случай – контроль Case – control study	3 981	≥18	<i>Schistosoma japonicum</i>	Клинические данные Clinical data	Нарушение углеводного обмена Carbohydrate metabo- lism disorders	Индивиды с инвазией: – более низкий ИМТ, уровень глюкозы плазмы, уровень ОХС, ТГ, ЛПНП Individuals with infection: – lower BMI, FBG, TC, TG, LDL-C

Каевритоп С.], 2016 [26]	Таиланд Thailand	Одномоментное Cross-sectional study	730	≥18	<i>Opisthorchis viverrini</i>	Микроскопия Stool microscopy	Ожирение Obesity	Индивиды с инвазией: – ассоциация с ожирением 1-й, 2-й степени Individuals with infection: – association with obesity 1–2 degrees Индивиды с инвазией: – дистрофия гепатоцитов, очаговая липидная инфильтрация; альтерация ядер гепатоцитов, связанная с нарушением метаболизма углеводов и высоким содержанием цитоплазматического гликогена Individuals with infection: – hepatocyte dystrophy, focal lipid infiltration; alteration of hepatocyte nuclei, associated with carbohydrate metabolism disorders and a high level of cytoplasmic glycogen
Павленко О.А. [Pavlenko O.A.], 2001 [28]	Россия Russian Federation	Одномоментное Cross-sectional study	77	17–52	<i>Opisthorchis felineus</i>	Дуоденальное зондирование, микроскопия стула, ИФА Duodenal intubation, stool microscopy, ELISA	СА 1, 2 Type 1, 2 diabetes mellitus	Индивиды с инвазией: – более высокий уровень гликемии, доза инсулина, необходимая для компенсации; в 3 раза чаще, увеличение печени по данным УЗИ Individuals with infection: – higher level FBG, the insulin dose necessary for compensation; 3 times more likely to in- crease the liver according to ultrasound.
Белобородова Е.В. [Beloborodova E.V.], 2003 [29]	Россия Russian Federation	Случай – контроль Case – control study	99	16–45	<i>Opisthorchis felineus</i>	Дуоденальное зондирование, микроскопия стула, ИФА Duodenal intubation stool microscopy, ELISA	Сахарный диабет 1 Type 1 diabetes mellitus	Индивиды с инвазией: – повышение уровня гликированного гемоглобина, гликемии; дозы инсулина, необходимой для компенсации; – жировой гепатоз (68%) Individuals with infection: – higher level FBG, glycated hemoglobin, the insulin dose necessary for compensation; – hepatic steatosis (68%)
Кравец Е.В. [Kravetz E.V.], 2006 [30]	Россия Russian Federation	Одномоментное Cross-sectional study	90	5–16	<i>Opisthorchis felineus</i>	Дуоденальное зондирование Duodenal intubation	Атеросклероз Type 1 diabetes mellitus	Образцы аутопсийного материала с инвазией: более низкий уровень ОХС Samples of autopsy material with infection: lower level of TC
Мэген Е., 2013 [27]	Россия Russian Federation	Аутопсийное Autopsy study	319	20–71	<i>Opisthorchis felineus</i>	Гистологическое исследование печени Histologic study	Атеросклероз Atherosclerosis	Образцы аутопсийного материала с инвазией: более низкий уровень ОХС Samples of autopsy material with infection: lower level of TC

Пр и м е ч а н и е. ПЦР – полимеразная цепная реакция; ИФА – иммуноферментный анализ; УЗИ – ультразвуковое исследование; ИМТ – индекс массы тела; СА – сахарный диабет; МС – метаболический синдром; ААА – диастолическое артериальное давление; ТТ – триглицериды; ЛППВ – липопротеиды высокой плотности; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ОХС – общий холестерин.

Not e. PCR – polymerase chain reaction; ELISA – enzyme-linked immunosorbent assay; BMI – body mass index; HOMA-IR – homeostatic model assessment – insulin resistance; FBG – fasting blood glucose; PBG – postprandial blood glucose; MS – metabolic syndrome; T2DM – type 2 diabetes mellitus; WC – waist circumference; DBP – diastolic blood pressure; TG – triglyceride; UA – uric acid; TC – total cholesterol; HDL-C – high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C – low-density lipoprotein cholesterol.

В исследовании, выполненном в дизайне «случай – контроль» ($n = 99$, 2003 г.), в группе больных СД 1 в сочетании с описторхозом по сравнению с пациентами без инвазии установлен более высокий уровень гликемии (19,6 против 16,7 ммоль/л), необходимая для компенсации СД доза инсулина (0,88 против 0,71 Ед/кг). У инвазированных больных увеличение печени по данным УЗИ встречалось в 3 раза чаще по сравнению с группой с изолированным СД 1, отмечались выраженность желчных ходов, уплотнение стенок с перипортальной экзогенностью [29]. Аналогичные результаты получены в исследовании, выполненном с участием детей ($n = 90$, 2006 г.): при СД 1 в сочетании с описторхозом отмечался более высокий уровень гликемии, гликированного гемоглобина и доза вводимого инсулина, чем в группе сравнения. У 68% больных сочетанной патологией определялись ультразвуковые признаки жирового гепатоза [30].

Следует отметить, что по данным Всемирной организации здравоохранения и Международной федерации диабета, СД 1 реже встречается в странах Азии и Африки, которые характеризуются высокими показателями гельминтных инвазий у населения [31]. Однако существуют также популяционные исследования, в которых показано, что гельминтные инвазии не препятствуют развитию и течению СД 1 [32].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время накоплены данные экспериментальных исследований, свидетельствующих об изменении углеводного и липидного обмена на фоне гельминтозов (табл. 2). Так, при изучении влияния нематодоза *Nippostrongylus brasiliensis* (США, 2013 г.) на развитие метаболических нарушений у инвазированных животных по сравнению с контролем снижалась масса жировой ткани, уменьшалась жировая дистрофия печени, улучшался углеводный обмен, сопровождающийся изменениями профиля метаболических гормонов. Авторы отмечают превентивный и терапевтический эффект инвазии *N. brasiliensis* в отношении развития ожирения и ассоциированных метаболических нарушений у мышей [33].

В другом исследовании (Германия, 2016 г.) установлено, что инвазия *Litomosoides sigmodontis* приводит к увеличению числа эозинофилов и активированных макрофагов в гонадной эпидидимальной жировой ткани, а также улучшает толерантность к глюкозе (в глюкозотолерантном тесте) у мышей с экспериментальным ожирением [34].

В экспериментальной модели на линии мышей, дефектных по аполипопротеину Е (ApoE^{-/-}), изучали влияние инвазии *S. mansoni* на прогрессирование атеросклероза (Великобритания, 2002 г.). Развитие бляшек аорты и брахиоцефальной артерии снизилось на 50% у ApoE^{-/-} мышей, инвазированных *S. mansoni*, по сравнению с контролем [35].

Снижение холестерина сыворотки наблюдали при эффектах, реализуемых экскреторно-секреторными продуктами и яйцами *S. mansoni*, но не взрослых червей [36].

В другом исследовании (Нидерланды, 2013 г.) у инвазированных мышей на фоне инвазии *S. mansoni* происходило уменьшение размера атеросклеротических бляшек на 44% по сравнению с контролем. При введении экскреторно-секреторных продуктов гельминта уменьшалось количество циркулирующих нейтрофилов и воспалительных моноцитов Ly6C, увеличивалось содержание интерлейкина 10, снижалось воспаление внутри бляшек как воспалительных маркеров (фактор некроза опухоли альфа (TNF- α), моноцитарный хемотаксический фактор 1 (MCP-1), фактор межклеточной адгезии 1 (ICAM-1), фактор адгезии сосудистого эндотелия 1-го типа (VCAM-1), CD68), так и количество нейтрофилов и макрофагов [37].

Экспериментальное исследование (Нидерланды, 2015 г.) показало, что хроническая инвазия *S. mansoni* (12 нед) снижает прирост массы тела (-62%), жировой ткани (-89%) и размер адипоцитов. Происходят снижение инсулинорезистентности (-23%), улучшение периферического поглощения глюкозы (+25%) и чувствительности к инсулину белой жировой ткани. Авторы отмечают, что инъекция растворимых антигенов *S. mansoni* предотвращает метаболические нарушения путем активации Th2-иммунного ответа, эозинофилии и активации макрофагов M2 белой жировой ткани [38].

При инфицировании трематодой *S. japonicum* животных с моделью ожирения и инсулинорезистентности (Китай, 2018 г.) отмечены снижение массы тела через 7 нед после заражения, уровня глюкозы крови натощак и улучшение толерантности к глюкозе. Кроме того, при инфицировании линии мышей, у которых спонтанно развивались ожирение и диабет, регистрировали снижение массы тела, улучшение толерантности к глюкозе на фоне выраженной экспрессии провоспалительных цитокинов в висцеральной жировой ткани в сравнении с контролем [25].

Экспериментальные исследования нарушений углеводного и липидного обмена при гельминтозах Experimental study of carbohydrate and lipid metabolism disorders in helminthic infections			
Автор, год Author, year	Гельминт Helminth	Экспериментальная модель заболевания Experimental model of the disease	Результат Result
Yang Z., 2013 [33]	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	Ожирение Obesity	Снижение массы тела, массы жировой ткани, уменьшение жировой дистрофии печени, ассоциированной со снижением экспрессии липотенных энзимов / медиаторов; улучшение углеводного обмена, связанного с изменением профиля метаболических гормонов Reduced body weight, adipose tissue mass, hepatic steatosis associated with a decreased expression lipogenic enzymes / mediators; improved carbohydrate metabolism, connected with profile of metabolic hormones
Berbudi A., 2016 [34]	<i>Litomosoides sigmodontis</i>	Ожирение Obesity	Инфильтрация эозинофилами и альтернативно активированными макрофагами в тончайшей эпидидимальной жировой ткани; улучшение толерантности к глюкозе у мышей с ожирением Increased eosinophil cells count and alternatively activated macrophage abundance within epididymal adipose tissue; improve glucose tolerance in obese mice
Doenhoff M., 2002 [35]	<i>Schistosoma mansoni</i>	Атеросклероз Atherosclerosis	Снижение развития атеросклеротических бляшек дуги аорты и брахиоцефальной артерии на 50% у Apo E ^{-/-} мышей Reduced number of atherosclerotic lesions in the aorta and brachiocephalic artery of the ApoE ^{-/-} mice was by 50%
Stanley R.G., 2009 [36]	<i>Schistosoma mansoni</i>	Атеросклероз Atherosclerosis	Заражение яйцами и экскреторно-секреторными продуктами: снижение сывороточного холестерина; заражение взрослыми особями: слабый эффект Infection with eggs and excretory secretory products: decrease in serum cholesterol; infection with adult worm – a weak effect
Wolfs I.M.J., 2013 [37]	<i>Schistosoma mansoni</i>	Атеросклероз Atherosclerosis	Уменьшение размера атеросклеротических бляшек на 44%; снижение активности воспалительных маркеров внутри бляшек, снижение количества нейтрофилов и макрофагов Reduced size of atherosclerotic plaques by 44%; reduced activity of inflammatory markers inside plaques, a decreased number of neutrophils and macrophages
Hussaarts L., 2015 [38]	<i>Schistosoma mansoni</i>	Ожирение Obesity	Снижение прироста массы тела, жировой ткани, размера адипоцитов, инсулинорезистентности. Улучшение периферического положения глюкозы, улучшение чувствительности к инсулину белой жировой ткани. Увеличение числа эозинофилов в белой жировой ткани, а также альтернативно активированных макрофагов (M2) Improved peripheral glucose uptake, improve insulin sensitivity of white adipose tissue. Increased number of eosinophils in white adipose tissue, as well as alternatively activated macrophages (M2)
Duan Q., 2018 [25]	<i>Schistosoma japonicum</i>	Ожирение Obesity	Снижение уровня глюкозы плазмы крови натощак, улучшение толерантности к глюкозе. Снижение массы тела и массы жировой ткани Decreased FBG, improved glucose tolerance. Reduced body weight and adipose tissue mass
Hanpanich P., 2013 [39]	<i>Opisthorchis viverrini</i>	–	Увеличение отношения холин-липидов в инвазированной группе в 2, 3 и 4 раза на 7–11-й, 13–15-й, 17–21-й нед исследования Increased of the cholin-lipid ratio in the infected group in 2, 3 and 4 times at 7–11, 13–15, 17–21 weeks of the study
Chaidee A., 2018 [40]	<i>Opisthorchis viverrini</i>	Сахарный диабет 1 типа Type 1 diabetes mellitus	Повышение уровня АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы. Усиление фиброза печени, повышение экспрессии провоспалительных интерлейкинов 6, 12, 1. Increased level of ALT, AST, ALP. Healing of liver fibrosis, increased expression of pro-inflammatory interleukins 6, 12, 13
Pershina A.G., 2017 [41]	<i>Opisthorchis felineus</i>	–	Повышение АЛТ, ГГТ, ОХС, ТГ, ЛПНП, снижение альбумина. Увеличение уровня холестерина, соотношения «холестерол – фосфолипиды», снижение общего белка Increased in ALT, GGT, TC, TG, LDL-C, decreased albumin. Increased cholesterol, cholesterol-phospholipid ratio, reduced of total protei

Примечание. АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспаратаминотрансфераза; ГГТ – гамма-глутамилтранспептидаза; ТГ – триглицериды; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ОХС – общий холестерол.
Note. AST – aspartate transaminase; ALT – alanine transaminase; GGT – gamma-glutamyltransferase; TG – triglyceride; TC – total cholesterol; LDL-C – low-density lipoprotein cholesterol; apoE^{-/-} mice – mice with genetic deficiency in apolipoprotein E.

В доступной для анализа литературе имеются ограниченное число исследований, выполненных на моделях печеночных трематодозов. В исследовании на хомяках с инвазией *O. viverrini* (Таиланд, 2013 г.) изучали взаимосвязь между повреждением желчных протоков и метаболическими изменениями печени с использованием магнитно-резонансной томографии и ¹H магнитно-резонансной спектроскопии. В группе инфицированных хомяков выявлены зависящие от длительности инвазии внутри- и внепеченочные дилатации протоков в печени. Отношение холин-липидов в группе инвазированных животных увеличилось в 2, 3 и 4 раза на 7–11-й, 13–15-й, 17–21-й нед исследования соответственно. Коэффициенты холин-липидов ассоциированы со степенью клеточной инфильтрации в перидуктальном пространстве у животных, инвазированных *O. viverrini* [39].

В другом исследовании (Таиланд, 2018 г.) при изучении сочетанного течения СД 1 и инвазии *O. viverrini* в эксперименте наблюдали желтуху и гепатомегалию, повышение уровня трансаминаз, щелочной фосфатазы, повреждение гепатоцитов, их гипертрофию и пролиферацию. При сочетании СД 1 и описторхоза усугубляются фиброз печени и окислительное повреждение дезоксирибонуклеиновой кислоты, происходит повышенная экспрессия провоспалительных интерлейкинов 6, 12, 13 [40].

В экспериментальном исследовании, выполненном на базе СибГМУ, показано, что инвазия *O. felineus* сопровождается накоплением холестерина в печени. Через 8 нед после заражения гистологический анализ образцов печени выявил нарушение печеночной архитектоники, вариабельность размеров гепатоцитов, перидуктальный и перипортальный фиброз, дилатацию внутрипеченочных желчных протоков. Отмечалось повышение АЛТ, гамма-глутамилтранспептидазы, ОХС, ТГ и ЛПНП в сыворотке крови инвазированных хомяков в сравнении с контрольной группой животных. Биохимический анализ печеночной ткани показал статистически значимое увеличение уровня холестерина, соотношения холестерина к фосфолипидам на фоне инвазии *O. felineus* [41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования последних лет указывают на взаимосвязь между гельминтными инвазиями и МС, СД, ожирением, которые сопровождаются нарушением углеводного и липидного обмена

[21, 22, 38, 42]. Гельминты являются естественными индукторами Th2-иммунного ответа. МС, СД и ожирение сопровождаются Th1-иммунным ответом, в то время как гельминтные инвазии смещают иммунологический вектор в сторону Th2-иммунного ответа с изменением продукции интерлейкинов, а также активацией эозинофилов, базофилов, тучных клеток и поляризацией макрофагов M2 в жировой ткани [31, 41, 43].

Известно, что воспаление, связанное с ожирением, инсулинорезистентностью, диабетом и МС, характеризуется аномальным образованием цитокинов, повышением концентрации белков острой фазы и других медиаторов, активацией сети воспалительных сигнальных путей [44]. Возможно, изменение иммунологического вектора Th1 в сторону Th2 при МС на фоне гельминтной инвазии способствует снижению инсулинорезистентности и массы жировой ткани, улучшению периферического поглощения глюкозы и чувствительности к инсулину белой жировой ткани, а также уменьшению вероятности развития и тяжести течения СД (табл. 1, 2). В то же время активные формы кислорода играют важную роль в патогенезе СД на стадии его возникновения (деструкция островков поджелудочной железы) и в период развития поздних осложнений. Многочисленные исследования в этой области свидетельствуют о том, что повреждающее действие гипергликемии опосредуется свободными радикалами [45].

Хронический воспалительный процесс при гельминтной инвазии приводит к усиленной генерации активных форм кислорода и азота, дающих начало развитию окислительного и карбонильного стресса [46, 47]. Это может обуславливать более высокий уровень гликемии и гликированного гемоглобина у пациентов с сочетанной патологией СД 1 и описторхозной инвазией [30]. Известно, что МС и ожирение сопровождаются окислительным стрессом, главным образом в жировой ткани, за счет активации продукции активных форм кислорода адипоцитами и клетками иммунной системы [48]. Таким образом, воспалительный процесс и окислительный стресс, сопутствующие гельминтной инвазии, могут усугублять тяжесть течения МС и вносить свой вклад в формирование разнообразия его клинических проявлений.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

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

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант «Фундаментальные подходы к оптимизации диагностики и терапии природно-очаговой инвазии *Opisthorchis felineus* в эндемичных регионах» № 16-44-700148); Российского научного фонда (грант «Метаболические изменения отображают взаимодействие в системе паразит – хозяин на уровне органа мишени и целого организма» № 14-15-00247).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kassi E., Pervanidou P., Kaltsas G., Chrousos G. Metabolic syndrome: definitions and controversies. *BMC Med.* 2011; 9: 48. DOI: 10.1186/1741-7015-9-48.
- Duarte M.C., Pecaherrera C.A., Moreno-Zambrano D., Santibáñez R., Tamariz L., Palacio A. Prevalence of metabolic syndrome and prediabetes in an urban population of Guayaquil, Ecuador. *Diabetes Metab. Syndr.* 2016; 10 (2): 119–122. DOI: 10.1016/j.dsx.2016.03.008.
- Esmailzadehha N., Ziaee A., Kazemifar A.M., Ghorbani A., Oveisi S. Prevalence of metabolic syndrome in Qazvin Metabolic Diseases Study, Iran: a comparative analysis of six definitions. *Endocr. Regul.* 2013; 47 (3): 111–120. PMID: 23889480.
- Isordia-Salas I., Santiago-Germán D., Rodríguez-Navarro H., Almaráz-Delgado M., Leacos-Miranda A., Anaya-Gymez F., Borrayo-Sánchez G., Majluf-Cruz A. Prevalence of metabolic syndrome components in an urban Mexican Sample: comparison between two classifications. *Exp. Diabetes Res.* 2012; 2012: e202540. DOI: 10.1155/2012/202540.
- Khan Y., Lalchandani A., Gupta A., Khadanga S., Kumar S. Prevalence of metabolic syndrome crossing 40% in Northern India: Time to act fast before it runs out of proportions. *J. Fam. Med. Prim. Care.* 2018; 7 (1): 118–123. DOI: 10.4103/jfmpc.jfmpc_10_17.
- Park Y.W., Zhu S., Palaniappan L., Heshka S., Carnethon M.R., Heymsfield S.B. The metabolic syndrome: prevalence and associated risk factor findings in the US population from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *Arch. Intern. Med.* 2003; 163 (4): 427–436. PMID: 12588201.
- Rampal S., Mahadeva S., Guallar E., Bulgiba A., Mohamed R., Rahmat R., Arif M.T., Rampal L. Ethnic differences in the prevalence of metabolic syndrome: results from a multi-ethnic population-based survey in Malaysia. *PLoS One.* 2012; 7 (9): e46365. DOI: 10.1371/journal.pone.0046365.
- Song Q.B., Zhao Y., Liu Y.Q., Zhang J., Xin S.J., Dong G.H. Sex difference in the prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular-related risk factors in urban adults from 33 communities of China: The CHPSNE study. *Diabetes Vasc. Dis. Res.* 2015; 12 (3): 189–198. DOI: 10.1177/1479164114562410.
- Alexander C.M., Landsman P.B., Teutsch S.M., Hafner S.M., Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III), National Cholesterol Education Program (NCEP). NCEP-defined metabolic syndrome, diabetes, and prevalence of coronary heart disease among NHANES III participants age 50 years and older. *Diabetes.* 2003; 52 (5): 1210–1214. PMID: 12716754.
- Koskinen J., Magnussen C.G., Sinaiko A., Woo J., Urbina E., Jacobs D.R., Steinberger J., Prineas R., Sabin M.A., Burns T., Berenson G., Bazzano L., Venn A., Viikari J.S.A., Hutri-Kähönen N., Raitakari O., Dwyer T., Juonala M. Childhood Age and Associations Between Childhood Metabolic Syndrome and Adult Risk for Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes Mellitus and Carotid Intima Media Thickness: The International Childhood Cardiovascular Cohort Consortium. *J. Am. Heart. Assoc.* 2017; 6 (8): e005632. DOI: 10.1161/JAHA.117.005632.
- Morrison J.A., Friedman L.A., Gray-McGuire C. Metabolic Syndrome in Childhood Predicts Adult Cardiovascular Disease 25 Years Later: The Princeton Lipid Research Clinics Follow-up Study. *Pediatrics.* 2007; 120 (2): 340–345. DOI: 10.1542/peds.2006-1699.
- Stepanova M., Rafiq N., Younossi Z.M. Components of metabolic syndrome are independent predictors of mortality in patients with chronic liver disease: a population-based study. *Gut.* 2010; 59 (10): 1410–1415. DOI: 10.1136/gut.2010.213553.
- Brown A.E., Walker M. Genetics of insulin resistance and the metabolic syndrome. *Curr. Cardiol. Rep.* 2016; 18 (8): 75. DOI: 10.1007/s11886-016-0755-4.
- Stančáková A., Laakso M. Genetics of metabolic syndrome. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2015; 15 (4): 243–252. DOI: 10.1007/s11154-014-9293-9.
- Wiley J.F., Carrington M.J. A metabolic syndrome severity score: A tool to quantify cardio-metabolic risk factors. *Prev. Med.* 2016; 88: 189–195. DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.04.006.
- Fürst T., Keiser J., Utzinger J. Global burden of human food-borne trematodiasis: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect. Dis.* 2012; 12 (3): 210–221. DOI: 10.1016/S1473-3099(11)70294-8.
- Бобырева Н.С., Щипина Л.С., Дегтева Г.Н. Видовой состав паразитов и степень их распространенности в Ненецком автономном округе. *Экология человека.* 2013; (12): 20–25. [Bobyreva N.S., Shchipina L.S., Degteva G.N. Species composition of parasites and degree of their prevalence in Nenets Autonomous Area. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology.* 2013; (12): 20–25 (in Russ.)].
- Огородова Л.М., Деев И.А., Федорова О.С., Сазонов А.Э., Петрова И.В., Елисеева О.В., Камалтынова Е.М., Петровская Ю.А. Распространенность гельминтной инвазии *Opisthorchis felineus* у детей в Томске и Томской области. *Вопросы современной педиатрии.* 2011; 10 (3): 43–47. [Ogorodova L.M., Deyev I.A., Fyodorova O.S., Sazonov A.E., Petrova I.V., Yeliseyeva

- va O.V., Kamaltynova Ye.A., Petrovskaya Yu.A. Prevalence of helminthiasis *Opisthorchis felineus* in children in Tomsk and Tomsk Region. *Voprosy sovremennoy pediatrii – Current pediatrics*. 2011; 10 (3): 43–47 (in Russ.).
19. Ткаченко Т.Н., Жадапов С.И., Офицеров В.И., Ругин В.П., Ругин В.П., Осипова Л.П. Иммуноферментный анализ описторхозной инвазии у населения Шурышкарского района Ямало-Ненецкого автономного округа. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*. 2004; (1): 14–17. [Tkachenko T.N., Zhadanov S.I., Ofitserov V.I., Rugin V.P., Osipova L.P. Enzyme immunoassay of *Opisthorchis* invasion in the population of the Shuryshkarsky District, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni – Medical Parasitology and Parasitic Disease*. 2004; (1): 14–17 (in Russ.)].
 20. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2017 году: гос. доклад / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2018: 268. [The state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017: state report / Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. Moscow, 2018: 268 (in Russ.)].
 21. Wiria A.E., Hamid F., Wammes L.J., Prasetyani M.A., Dekkers O.M., May L., Kaisar M.M.M., Verweij J.J., Guigas B., Partono F., Sartono E., Supali T., Yazdanbakhsh M., Smit J.W.A. Infection with Soil-Transmitted Helminths Is Associated with Increased Insulin Sensitivity. *PLoS One*. 2015; 10 (6): e0127746. DOI: 10.1371/journal.pone.0127746.
 22. Hays R., Esterman A., Giacomini P., Loukas A., McDermott R. Does *Strongyloides stercoralis* infection protect against type 2 diabetes in humans? Evidence from Australian Aboriginal adults. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2015; 107 (3): 355–361. DOI: 10.1016/j.diabres.2015.01.012.
 23. Chen Y., Lu J., Huang Y., Wang T., Xu Y., Xu M., Li M., Wang W., Li D., Bi Y., Ning G. Association of Previous Schistosome Infection with Diabetes and Metabolic Syndrome: A Cross-Sectional Study in Rural China. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013; 98 (2): 283–287. DOI: 10.1210/jc.2012-2517.
 24. Shen S.W., Yao W.F., Feng Y.B., Yun J.T., Wang Y.P., Ling W., Qi H.J., Tong D.X. The potential long-term effect of previous schistosome infection reduces the risk of metabolic syndrome among Chinese men. *Parasite Immunol.* 2015; 37 (7): 333–339. DOI: 10.1111/pim.12187.
 25. Duan Q., Xiong L., Liao C., Liu Z., Xiao Y., Huang R., Tan T., Ouyang Y., Cai J., Xiao M., Xu H., Chen Z., Chen L., Yang T., Huang H. Population based and animal study on the effects of *Schistosoma japonicum* infection in the regulation of host glucose homeostasis. *Acta Trop.* 2018; 180: 33–41. DOI: 10.1016/j.actatropica.2018.01.002.
 26. Kaewpitoon S.J., Rujirakul R., Wakkuwattapong P., Matrakool L., Tongtawee T., Panpimanmas S., Kujapun J., Norkaew J., Photipim M., Ponphimai S., Chavengkun W., Kompor P., Padchasuwan N., Sawaspol S., Phandee M.C., Phandee W., Phanurak W., Kaewpitoon N. Overweight Relation to Liver Fluke Infection among Rural Participants from 4 Districts of Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2016; 17 (5): 2565–2571. PMID: 27268631.
 27. Magen E., Bychkov V., Ginovker A., Kashuba E. Chronic *Opisthorchis felineus* infection attenuates atherosclerosis—an autopsy study. *Int. J. Parasitol.* 2013; 43 (10): 819–824. DOI: 10.1016/j.ijpara.2013.04.008.
 28. Павленко О.А., Непомнящих Г.И., Корчин В.И., Белобородова Е.В., Калюжина Е.В., Масалькина Е.Н., Корчина Т.Я. Патология органов пищеварения при сочетанных заболеваниях: сахарный диабет и хронический описторхоз. Томск: Дельтаплан, 2001: 121. [Pavlenko O.A., Nepomnyashchikh G.I., Korchin V.I., Beloborodova E.V., Kalyuzhina E.V., Masalykina E.N., Korchina T.Ya. Pathology of the digestive system in case of combined diseases: diabetes mellitus and chronic opisthorchiasis. Tomsk: Deltaplane Publ., 2001: 121 (in Russ.)].
 29. Белобородова Е.В., Белобородова Э.И. Желчеобразование и желчевыделение при инсулинзависимом сахарном диабете в сочетании с хроническим описторхозом. Томск: Издательство НТЛ, 2003: 124. [Beloborodova E.V., Beloborodova E.I. Biligenesis and biliary excretion in case of insulin-dependent diabetes mellitus in combination with chronic opisthorchiasis. Tomsk: Publisher STL Publ., 2003: 124 (in Russ.)].
 30. Кравец Е.Б., Самойлова Ю.Г., Бирюлина Е.А., Горбатенко Е.В., Сивкова О.С. Состояние гепатобилиарной системы у детей с сахарным диабетом на фоне хронического описторхоза. *Вопросы современной педиатрии*. 2006; 5 (1): 288–289. [Kravetz E.B., Samoilova Yu.G., Biryulina E.A., Gorbatenko E.V., Sivkova O.S. The state of the hepatobiliary system in children with diabetes mellitus associated with chronic opisthorchiasis. *Voprosy sovremennoy pediatrii – Current pediatrics*. 2006; 5 (1): 288–289 (in Russ.)].
 31. Wang M., Wu L., Weng R., Zheng W., Wu Z., Lv Z. Therapeutic potential of helminths in autoimmune diseases: helminth-derived immune-regulators and immune balance. *Parasitol. Res.* 2017; 116 (8): 2065–2074. DOI: 10.1007/s00436-017-5544-5.
 32. Bager P., Vinkel Hansen A., Wohlfahrt J., Melbye M. Helminth Infection Does Not Reduce Risk for Chronic Inflammatory Disease in a Population-Based Cohort Study. *Gastroenterology*. 2012; 142 (1): 55–62. DOI: 10.1053/j.gastro.2011.09.046.
 33. Yang Z., Grinchuk V., Smith A., Qin B., Bohl J.A., Sun R., Notari L., Zhang Z., Sesaki H., Urban J.F. Jr., Shea-Donohue T., Zhao A. Parasitic nematode-induced modulation of body weight and associated metabolic dysfunction in mouse models of obesity. *Infect. Immun.* 2013; 81 (6): 1905–1914. DOI: 10.1128/IAI.00053-13.

34. Berbudi A., Surendar J., Ajendra J., Gondorf F., Schmidt D., Neumann A.L., Wardani A.P.F., Layland L.E., Hoffmann L.S., Pfeifer A., Hoerauf A., Hübner M.P. Filarial infection or antigen administration improves glucose tolerance in diet-induced obese mice. *J. Innate Immun.* 2016; 8 (6): 601–616. DOI: 10.1159/000448401.
35. Doenhoff M.J., Stanley R.G., Griffiths K., Jackson C.L. An anti-atherogenic effect of *Schistosoma mansoni* infections in mice associated with a parasite-induced lowering of blood total cholesterol. *Parasitology.* 2002; 125: 415–421. PMID: 12458825.
36. Stanley R.G., Jackson C.L., Griffiths K., Doenhoff M.J. Effects of *Schistosoma mansoni* worms and eggs on circulating cholesterol and liver lipids in mice. *Atherosclerosis.* 2009; 207 (1): 131–138. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.04.037.
37. Wolfs I.M., Stöger J.L., Goossens P., Pöttgens C., Gijbels M.J., Wijnands E., van der Vorst E.P., van Gorp P., Beckers L., Engel D., Biessen E.A., Kraal G., van Die I., Donners M.M., de Winther M.P. Reprogramming macrophages to an anti-inflammatory phenotype by helminth antigens reduces murine atherosclerosis. *FASEB J.* 2014; 28 (1): 288–299. DOI: 10.1096/fj.13-235911.
38. Hussaarts L., Garcha-Tardyn N., van Beek L., Heemskerk M.M., Haerberlein S., van der Zon G.C., Ozir-Fazalikhani A., Berbée J.F., Willems van Dijk K., van Harmelen V., Yazdanbakhsh M., Guigas B. Chronic helminth infection and helminth-derived egg antigens promote adipose tissue M2 macrophages and improve insulin sensitivity in obese mice. *FASEB J.* 2015; 29 (7): 3027–3039. DOI: 10.1096/fj.14-266239.
39. Hanpanich H., Pinlaor S., Charoensuk L., Yongvanit P., Thomas C., Kothan S., Mairiang E. MRI and (1) H MRS evaluation for the serial bile duct changes in hamsters after infection with *Opisthorchis viverrini*. *Magn. Reson. Imaging.* 2013; 31 (8): 1418–1425. DOI: 10.1016/j.mri.2013.05.008.
40. Chaidee A., Onsurathum S., Intuyod K., Pannangpetch P., Pongchaiyakul C., Pinlaor P., Pairojkul C., Ittiprasert W., Cochran C.J., Mann V.H., Brindley P.J., Pinlaor S. Co-occurrence of opisthorchiasis and diabetes exacerbates morbidity of the hepatobiliary tract disease. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2018; 12 (6): e0006611. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006611.
41. Pershina A.G., Ivanov V.V., Efimova L.V., Shevelev O.B., Vtorushin S.V., Perevozchikova T.V., Sazonov A.E., Ogorodova L.M. Magnetic resonance imaging and spectroscopy for differential assessment of liver abnormalities induced by *Opisthorchis felinus* in an animal model. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2017; 11 (7): e0005778. DOI: 10.1371/journal.pntd.0005778.
42. Aravindhan V., Anand G. Cell Type-Specific Immunomodulation induced by *Helminthes*: effect on meta-inflammation, insulin resistance and type-2 diabetes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2017; 97 (6): 1650–1661. DOI: 10.4269/ajtmh.17-0236.
43. Zaccane P., Hall S.W. Helminth infection and type 1 diabetes. *Rev. Diabet. Stud.* 2012; 9 (4): 272–286. DOI: 10.1900/RDS.2012.9.272.
44. Hotamisligil G.S. Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature.* 2017; 542 (7640): 177–185. DOI: 10.1038/nature21363.
45. Robertson R.P. Chronic oxidative stress as a central mechanism for glucose toxicity in pancreatic islet beta cells in diabetes. *J. Biol. Chem.* 2004; 279 (41): 42351–42354. DOI: 10.1074/jbc.R400019200.
46. Огородова Л.М., Сазонов А.Э., Салтыкова И.В., Першина А.Г., Федорова О.С., Иванов В.В., Ковширина Ю.В., Деев И.А., Одерматт П., Демин А.М., Шевелев О.Б., Краснов В.П., Петров В.А., Богданов А.О., Перина К. Описторхоз в РФ. Взгляд на проблему в 21 веке. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016: 130. [Ogorodova L.M., Sazonov A.E., Saltykova I.V., Pershina A.G., Fedorova O.S., Ivanov V.V., Kovshirina Yu.V., Deyev I.A., Odermatt P., Demin A.M., Shevelev O.B., Krasnov V.P., Petrov V.A., Bogdanov A.O., Perina K. Opisthorchiasis in RF. View of the problem in the 21st century. Novosibirsk: Publisher SB RAS Publ., 2016: 130 (in Russ.)].
47. Saltykova I.V., Ogorodova L.M., Ivanov V.V., Bogdanov A.O., Gereng E.A., Perina E.A., Brindley P.J., Sazonov A.E. Carbonyl stress phenomena during chronic infection with *Opisthorchis felinus*. *Parasitol. Int.* 2017; 66 (4): 453–457. DOI: 10.1016/j.parint.2016.01.002.
48. Прокудина Е.С., Маслов Л.Н., Иванов В.В., Беспалова И.Д., Письменный Д.С., Воронков Н.С. Роль активных форм кислорода в патогенезе дисфункции адипоцитов при метаболическом синдроме: перспективы фармакологической коррекции. *Вестник Российской академии медицинских наук.* 2017; 72 (1): 56–61. [Prokudina E.S., Maslov L.N., Ivanov V.V., Bepalova I.D., Pismennyi D.S., Voronkov N.S. The Role of reactive oxygen species in the pathogenesis of adipocyte dysfunction in metabolic syndrome. Prospects of pharmacological correction. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk – Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2017; 72 (1): 56–61 (in Russ.)]. DOI: 10.15690/vramn798.

Поступила в редакцию 24.08.2018

Подписана в печать 09.11.2018

Головач Екатерина Алексеевна, аспирант, кафедра факультетской педиатрии с курсом детских болезней лечебного факультета, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-3322-2465.

Федорова Ольга Сергеевна, д-р мед. наук, зав. кафедрой факультетской педиатрии с курсом детских болезней лечебного факультета, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-7130-9609.

Саприна Татьяна Владимировна, д-р мед. наук, профессор, кафедра эндокринологии и диабетологии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0001-9011-8720.

Иванов Владимир Владимирович, канд. биол. наук, доцент, кафедра биохимии и молекулярной биологии с курсом клинической лабораторной диагностики; ст. науч. сотрудник, ЦНИЛ, СибГМУ, г. Томск.

Перина Екатерина Александровна, мл. науч. сотрудник, ЦНИЛ, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-4273-8228.

Ковширина Юлия Викторовна, канд. мед. наук, доцент, кафедра инфекционных болезней и эпидемиологии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0001-6818-9792.

Огородова Людмила Михайловна, д-р мед. наук, профессор, член-корр. РАН, кафедра факультетской педиатрии с курсом детских болезней лечебного факультета, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-2962-1076.

(✉) Головач Екатерина Алексеевна, e-mail: versia113@gmail.com.

УДК 616.995.1-06: 577.124.8/.125.8

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-4-187-198>

For citation: Golovach E.A., Fedorova O.S., Saprina T.V., Ivanov V.V., Perina E.A., Kovshirina Yu.V., Ogorodova L.M. Metabolic syndromes, carbohydrate and lipid metabolism disorders in helminthic infections: review of the literature. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018; 17 (4): 187–198.

Metabolic syndromes, carbohydrate and lipid metabolism disorders in helminthic infections: review of the literature

Golovach E.A., Fedorova O.S., Saprina T.V., Ivanov V.V., Perina E.A., Kovshirina Yu.V., Ogorodova L.M.

*Siberian State Medical University (SSMU)
2, Moscow Trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation*

ABSTRACT

Metabolic syndrome is a common pathological condition based on an increase of the mass of visceral fat, insulin resistance with hyperinsulinemia, carbohydrate, lipid and protein disorders. The natural course of the metabolic syndrome can be affected by the presence of intercurrent diseases connected with metabolic disorder, and helminthic infections are among them. This review presents an analysis of the results of current epidemiological and experimental studies of metabolic syndrome and abnormalities of carbohydrate and lipid metabolism associated with helminth infections.

Key words: metabolic syndrome, carbohydrate metabolism, lipid metabolism, helminthiasis, trematode infections.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The study was supported by the Russian Foundation

for Basic Research (grant “Fundamental approaches to optimizing the diagnosis and therapy of natural focal invasion of *Opisthorchis felinus* in endemic regions” No. 16-44-700148); Russian Science Foundation (grant “Metabolic changes reflect the interaction in the parasite-host system at the level of the target organ and the whole organism” No. 14-15-00247).

Received 24.08.2018

Accepted 09.11.2018

Golovach Ekaterina A., Postgraduate Student, Department of Faculty Pediatrics with a Course of Childhood Diseases, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-3322-2465.

Fedorova Olga S., DM, Head of the Department, Department of Faculty Pediatrics with a Course of Childhood Diseases, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-7130-9609.