

АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ СЫВОРОТКИ КРОВИ У ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ ИСХОДНЫМ ТОНУСОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Л.Н. Смелышева, А.П. Кузнецов

Курганский государственный университет, г. Курган, Россия

Цель. Исследование гидролитической активности пищеварительных ферментов сыворотки крови и ее типологическая зависимость от исходного тонуса вегетативной нервной системы. **Материал и методы.** На основании ритмокардиологического тестирования, согласно показателям вариабельности сердечного ритма, были определены 3 группы (76 молодых людей): с исходным тонусом ваготония, нормотония и симпатикотония. Два этапа включали: первый – фоновые условия исследования, второй – дозированную физическую нагрузку (36900 кгм, 30 мин). **Результаты.** Определен вклад симпатического и парасимпатического отделов ВНС в инкрецию пепсиногенов, амилазы и липазы в условиях фона и дозированной физической нагрузки. Описана липолитическая и амилолитическая активность, а также инкреция пепсиногенов в постпрандиальной динамике в фоновых условиях и после выполнения физической нагрузки. Определено модифицирующее влияние парасимпатического отдела ВНС на амилолитическую активность, симпатического отдела на липолитическую активность и стресс-индуцированную динамику липазы. **Заключение.** Гидролитический потенциал желудка по показателям инкреции пепсиногенов в межпищеварительном периоде ассоциирован с симпатическим тонусом. Наиболее высокая чувствительность коэффициента ПГ 1 / ПГ 2 при выполнении физической нагрузки отмечалась в группе с исходным симпатическим тонусом. Постпрандиальные изменения гидролазы в большей степени характеризовались активностью амилазы и липазы.

Ключевые слова: гидролитическая активность крови, тонус вегетативной нервной системы, физическая нагрузка.

Введение. Открытие гидролитической активности крови состоялось в середине XIX столетия. Доказательство «пепсинозной активности» было получено в 1912 г. Ван Калькаром, а амилолитической – в 1846 г. Ф. Мажанди. Инкреция, или поступление ферментов пищеварительных желез в кровь и лимфу, эволюционно закрепленный процесс, являющийся одним из гомеостатических параметров [22]. Синтез и выделение ферментов пищеварительными железами является главным функциональным компонентом аппарата пищеварительной системы [10].

В настоящее время известно, что гидролитическая активность сыворотки и плазмы крови несколько вариабельна в зависимости от многих физиологических и патогенных факторов. Пищеварительные ферменты сыворотки крови отражают ферментный гомеостаз и регулируют его, поэтому важно их исследование и изучение с диагностической целью в виде неинвазивной скрининговой методики [1, 7, 12].

В современном обществе человек испытывает большое психоэмоциональное напряжение из-за возрастающих сложностей социальной жизни [16, 18]. Эмоциональное напряжение оказывает существенное влияние на все системы организма человека [5, 17, 20, 24–27], приводя к развитию сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, невротических заболеваний [14, 28]. Малоизученным остается вопрос влияния приема пищи на инкреторную функцию пищеварительных желез [8].

Физическая нагрузка оказывает влияние на деятельность желудочно-кишечного тракта, вызывая различные сдвиги в функционировании всей пищеварительной системы [1, 14].

Одной из индикаторных систем в ответ на действие эмоционального фактора является ЖКТ, поэтому данные знания представляют особую важность для специалистов в области физиологии пищеварения и гастроэнтерологии [14]. Теоретический и практический интерес представляет определение вклада ВНС в регуляцию работы и морфофизиологические

особенности активности пищеварительных ферментов у людей в обычной повседневной жизни, в условиях эмоционального напряжения, после выполнения физической нагрузки и приема пищи.

Цель исследования. Изучение влияния физической нагрузки и приема пищи на активность пищеварительных ферментов сыворотки крови у лиц с различным исходным тонусом вегетативной нервной системы.

Материал и методы исследования. Исследования проводились на базе гастроэнтерологического отделения Курганской областной клинической больницы и лаборатории «Физиология экстремальных состояний» кафедры анатомии и физиологии человека ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет» в 2010–2013 гг. в рамках одного из основных направлений научно-исследовательской работы: Физиологические механизмы адаптации организма к действию экстремальных факторов (номер государственной регистрации (01.2.00611546). Основание для проведения научно-исследовательской работы – государственное задание Министерства Образования и науки РФ.

В исследовании принимали участие 120 молодых людей-добровольцев, студентов факультета психологии и факультета естественных наук Курганского государственного университета в возрасте 18–22 лет. Молодые люди прошли углубленное медицинское обследование, включающее соматоскопию, антропометрию, врачебно-педагогическое наблюдение и по состоянию здоровья были отнесены к основной медицинской группе. Исследование проводилось при обязательном письменном согласии обследуемых студентов в соответствии с биоэтическими нормами.

Допустимыми критериями включения в группу наблюдения являлись: отсутствие сопутствующих врожденных или приобретенных, острых и хронических заболеваний органов ЖКТ, в частности заболеваний желудка и поджелудочной железы, кишечника, а также отсутствие клинических данных.

Для исследования влияния мышечной нагрузки на организм человека и деятельность пищеварительной системы была использована дозированная велоэргометрическая нагрузка [6, 14, 21]. При этом использовали работу на велоэргометре из расчета 18 кгм на 1 кг массы тела исследуемых. Время выполнения дозированной нагрузки составляло 30 мин, общий

объем работы – 36 900 кгм, частота педалирования – 75 об./мин.

Для исследования влияния приема пищи на ферментативный профиль крови у лиц с различным вегетативным тонусом была использована пищевая нагрузка в виде белкового пробного (тестового) завтрака – 100 г мяса (молотое в котлете) и 200 мл несладкого чая. Было проведено 2 серии наблюдений: в первой – пробный завтрак принимался в условиях эмоциональной стабильности, во второй – в условиях эмоционального напряжения. В обоих случаях уровень ферментов в сыворотке крови (амилаза, липаза, ПГ1, ПГ2) определяли натощак и через 15, 45, 75 мин после приема завтрака (постпрандиальные показатели).

Для характеристики индивидуальных висцеральных реакций студентов проводилось исследование вегетативного статуса по показателям математического анализа variability сердечного ритма (ВСР) [2, 3]. Для записи ЭКГ и анализа ВСР применялся серийно выпускаемый программно-аппаратный комплекс «Варикард 2.51» [19]. Программное обеспечение – «Иским 6», разработанное в Институте внедрения новых медицинских технологий «Рамена» совместно с Институтом медико-биологических проблем РАН. Ритм сердца регистрировали в утренние часы продолжительностью 5 мин во II отведении в положении сидя в течение 300 циклов [23]. Трактовка показателей осуществлялась в соответствии с рекомендациями Европейского кардиологического и Северо-Американского обществ по электрофизиологии, а также с учетом методических рекомендаций отечественных авторов [2, 13].

На основании анализа показателей ВСР были выделены три группы студентов: ваготоники, нормотоники и симпатотоники. Среди исследуемых студентов преобладали лица с преобладанием нормотонуса – 54,1 %, лица с ваготонией находились на промежуточном месте и составляли 27,87 %, представители симпатического тонуса находились в меньшинстве и составляли 18,03 %. Показатели всех групп оценивались в фоновых условиях, что позволило достоверно определить исходный тонус вегетативной нервной системы обследуемых (табл. 1).

Забор крови из локтевой вены в количестве 10 мл осуществлялся в утренние часы натощак (в условиях эмоциональной стабиль-

Показатели вариабельности сердечного ритма у обследуемых студентов в фоновых условиях ($M \pm m$) ($n = 76$)
Parameters of heart rate variability in students under background conditions ($M \pm m$) ($n = 76$)

Показатель / Parameter	Ваготоники Vagotonics ($n = 22$)	Нормотоники Normotonics ($n = 38$)	Симпатотоники Sympathotonics ($n = 16$)
ЧСС, уд./мин / Heart rate, bpm	64,65 ± 2,45*/**	76,18 ± 2,45**	98,18 ± 2,5
(SDNN), с / (SDNN), s	0,18 ± 0,01*/**	0,17 ± 0,01**	0,24 ± 0,004
(Mo), мс / (Mo), ms	0,94 ± 0,04*/**	0,79 ± 0,03**	0,6 ± 0,02
(AMo), % / (AMo), %	28,61 ± 3,7*	29,18 ± 1,88**	32,67 ± 2,6
(MxDMn), мс / (MxDMn), ms	0,68 ± 0,13*/**	0,34 ± 0,03**	0,14 ± 0,02
(IH), усл. ед. / (SI), cond. units	24,03 ± 1,49*/**	57,76 ± 4,71**	171,67 ± 15,1

Примечание: * – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с нормотонией; ** – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с симпатикотонией.

Note: * – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with normotonia; ** – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with sympatheticotonia.

ности, стресса или физической нагрузки), а также через 15, 45, 75 мин постпрандиального периода при различном тоне висцеротонии (в фоновых условиях и при действии эмоционального фактора). В дальнейшем кровь центрифугировалась, а сыворотка замораживалась при температуре -20°C для последующего определения концентрации гормонов и активности ферментов.

В сыворотке крови иммуноферментным методом (ИФА) определяли уровень ферментов ПГ 1, ПГ 2 («Вектор-Бест», Россия), амилазы (ЗАО «Диакон-ДС»), липазы (Humastar 600, Германия). Также в крови исследовали содержание гормонов: гастрин (Biohit diagnostics, Финляндия), инсулин (MercoDIA Insulin ELISA), кортизол («Алкор Био»), холецистокинина (Peninsula Laboratories, США).

Полученные данные обрабатывали методами вариационного и корреляционного анализа [15] (пакет программ Statistica 5.11).

Статистическую обработку проводили методом Стьюдента, различия между сравниваемыми величинами считали достоверными при вероятности не менее 95 % ($p < 0,05$). Для выявления тесноты и направленности взаимосвязи между исследуемыми показателями был определен линейный коэффициент корреляции Пирсона (r).

Результаты. При разделении студентов на группы по уровню вегетативного баланса были выявлены различия активности пищеварительных ферментов в условиях фона (табл. 2).

В группе ваготоников выявлена наибольшая фоновая амилолитическая активность

крови, достигающая достоверности относительно других групп ($p < 0,05$). Максимальные показатели липазы и ПГ 1 отмечались в группе симпатотоников ($p < 0,05$), при этом среднее значение ПГ 1 в данной группе превышало верхнюю границу физиологической нормы на 39,7 %, что характеризует возможный риск развития язвенной болезни желудка у ее представителей. Уровень ПГ 2 в сыворотке крови в значительной степени зависит от ферментного потенциала желудка. Полученные фоновые значения уровня ПГ 2 не выявили достоверных различий между группами, но отразили функциональную возможность всех отделов желудка в группах с крайними значениями вегетативного баланса в виде тенденции к превалированию показателей в условиях межпищеварительного периода. Коэффициент ПГ 1 / ПГ 2, характеризующий функциональный статус желудка, достигал максимальных значений в группе нормотоников и отличался достоверностью показателей относительно ваготоников. Таким образом, при вкладе двух отделов ВНС секреторный потенциал может возрастать.

Для определения зависимости активности гидролаз от гормонального фона в межсессионный период изначально были определены фоновые показатели концентрации гормонов в трех группах. Уровень определяемых гормонов имел типологические различия, связанные с исходным тоном ВНС (табл. 3).

Максимальные концентрации кортизола, не достигшие достоверности, отмечались в группе нормотоников $174,21 \pm 11,32$ нг/мл, минимальные значения инсулина ($p < 0,05$) –

Таблица 2
Table 2

Активность ферментов сыворотки крови в условиях фона у лиц с различным исходным уровнем вегетативного баланса ($M \pm m$) (n = 76)
Blood serum enzymes activity in persons with a different level of initial vegetative balance under background conditions ($M \pm m$) (n = 76)

Показатель / Parameter	Норма Normal values	Ваготоники Vagotonics (n = 22)	Нормотоники Normotonics (n = 38)	Симпатотоники Sympathotonics (n = 16)
Амилаза, Ед/л / Amylase, U/l	23–100	66,59 ± 4,84*/**	52,83 ± 2,84	34,95 ± 9,44
Липаза, Ед/л / Lipase, U/l	1–200	90,07 ± 13,9	60,21 ± 5,92	159,98 ± 27*/×
ПГ 1, мкг/л / PG 1, µg/l	30–130	123,52 ± 7,67	127,77 ± 4,49	181,55 ± 22,13*/×
ПГ 2, мкг/л / PG 2, µg/l	4–22	28,87 ± 6,01	13,25 ± 1,53	23,22 ± 7,08
ПГ 1/ПГ 2 / PG 1/PG 2	3–20	4,28 ± 0,62*	9,64 ± 0,78	7,82 ± 2,33

Примечание: * – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с ваготонией; * – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с нормотонией; ** – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с симпатикотонией.

Note: * – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with vagotonia; * – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with normotonia; ** – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with sympathicotonia.

Таблица 3
Table 3

Фоновые показатели концентрации гормонов сыворотки крови у лиц с различным уровнем вегетативного баланса ($M \pm m$) (n = 76)
Background values of blood serum hormone concentration in persons with a different level of vegetative balance ($M \pm m$) (n = 76)

Показатель / Parameter	Ваготоники Vagotonics (n = 22)	Нормотоники Normotonics (n = 38)	Симпатотоники Sympathotonics (n = 16)
Кортизол, нг/мл / Cortisol, ng/ml	144,8 ± 7,08	174,21 ± 11,32	153,0 ± 10,9
Инсулин, мкМЕ/мл / Insulin, µME/ml	8,31 ± 1,07	11,52 ± 1,04 *	14,55 ± 1,93 *
ХЦК, нг/мл / ССК, ng/ml	3,13 ± 0,05	2,00 ± 0,05	1,5 ± 0,1
Гастрин, пг/мл / Gastrin, pg/ml	52,51 ± 5,36	61,7 ± 3,9	47,72 ± 3,54 **

Примечание: * – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с ваготонией; ** – $p < 0,05$, различия достоверны относительно группы студентов с нормотонией.

Note: * – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with vagotonia; ** – $p < 0,05$, differences are reliable in reference to the group of students with normotonia.

у представителей ваготоников $8,31 \pm 1,07$ мкМЕ/мл. Минимальная концентрация гастрина, характеризующаяся достоверностью относительно нормотоников, определялась у лиц с симпатическим тонусом и была равна $47,72 \pm 3,54$ пг/мл ($p < 0,05$). Показатель концентрации ХЦК имел тенденцию к превалированию в группе ваготоников $3,13 \pm 0,05$ нг/мл. Инсулин и ХЦК характеризовались разнонаправленными значениями в крайних группах вегетативного баланса. Данные зависимости оказывают различное влияние на активность пищеварительных ферментов в исследуемых группах.

Корреляционные зависимости между активностью ферментов и концентрацией гормонов в условиях фона имели различные ка-

чественные составляющие, характеризующиеся наличием связей средней и слабой силы. Максимальное количество средних связей (37,5 %) наблюдалось в группе симпатотоников. Гастрин в данной группе образует отрицательно направленные связи средней силы с липазой, ПГ 1 и ПГ 2 и прямую связь с амилазой. ХЦК – только две положительно направленные связи средней силы: с липазой и ПГ 2. Кортизол образовал обратные связи средней силы с липазой и пепсиногенами. Исследование корреляционных взаимоотношений между инсулином и активностью ферментов определило наличие слабых разнонаправленных связей.

Группа нормотоников характеризуется самым меньшим количеством связей средней

силы между концентрацией гормонов и активностью ферментов сыворотки крови, достигающими 4 %, что является признаком устойчивости и стабильности, а также определенной автономности в работе данных функциональных систем.

Таким образом, исследуя взаимосвязь уровня гормонов и ферментов в крови, можно сделать вывод о том, что именно симпатический тонус ответственен за образование связей и умеренных зависимостей между исследуемыми параметрами. При этом группа симпатотоников является более лабильной и неустойчивой в отношении отклонений параметров гомеостаза. Ферментативная активность крови нормотоников менее чувствительна к изменениям гормонального профиля.

После выполнения 30-минутной физической нагрузки на уровне 75 % от МПК отмечалась тенденция к снижению уровня активности амилазы в группах ваго- и нормотоников. У лиц с преобладанием симпатического тонуса значения амилазы не менялись, но были достоверно ниже значений ваготоников ($p < 0,05$).

Активность липазы в группах с парасимпатическим нормотонусом достоверно не изменялась, что характеризует ее устойчивость в отношении физического фактора (рис. 1).

В группе симпатотоников отмечалось

достоверное повышение активности липазы как в отношении фоновых значений, так и относительно других групп ($p < 0,05$). В данном случае с симпатическим тонусом связаны процессы высокой эндосекреции липазы, которая выступает как регулирующий фактор в условиях высоких энергетических затрат.

Более выраженный характер изменения уровня ПГ 1 после действия нагрузки наблюдался в группе симпатотоников. Концентрация фермента в крови достоверно снижалась относительно фоновых значений, входя в рамки физиологической нормы ($p < 0,05$). Такая динамика характеризует значимость данной нагрузки для процессов синтеза и инкреции ферментов желудка при повышении симпатического тонуса. В этих условиях его роль заключается в снижении уровня фермента в сыворотке крови. В других группах показатели ПГ 1 практически не менялись (рис. 2).

Показатели ПГ 2 после физической нагрузки не достигали достоверных значений во всех группах, но имели тенденцию к превалированию в группе ваготоников. Коэффициент ПГ 1 / ПГ 2 имел тенденцию к повышению у представителей всех групп. Минимальные значения, достигающие достоверности относительно других, отмечались у ваготоников ($p < 0,05$). Можно отметить более высокую

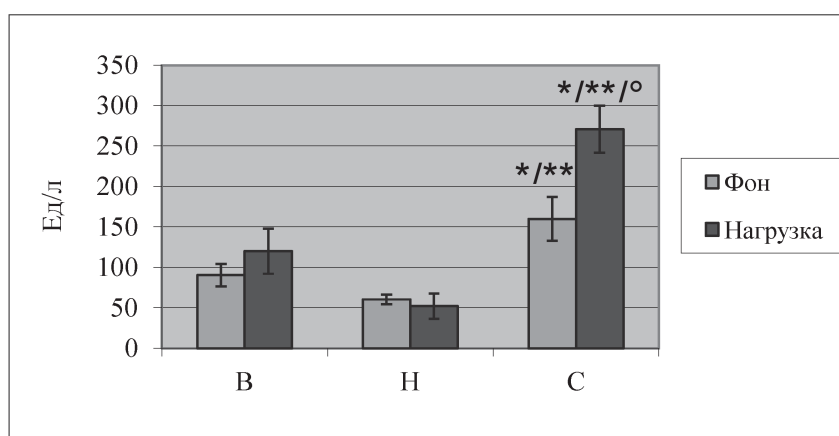


Рис. 1. Показатели активности липазы сыворотки крови натощак после выполнения дозированной 30-минутной физической нагрузки на уровне 75 % от МПК у лиц с различным вегетативным тонусом: В – ваготоники, Н – нормотоники, С – симпатотоники. * – достоверность различий относительно группы ваготоников, $p < 0,05$; ** – достоверность различий относительно группы нормотоников, $p < 0,05$; ○ – достоверность различий относительно фона, $p < 0,05$

Fig. 1. Blood serum lipase activity on an empty stomach after 30-minute dosed physical load at a level of 75 % of VO₂ max in persons with different vegetative tone: В – vago-tonics, Н – normotonics, С – sympathotonic. * – reliability of differences in reference to the group of vagotonics, $p < 0,05$; ** – reliability of differences in reference to the group of normotonics, $p < 0,05$; ○ – reliability of differences in reference to background values, $p < 0,05$

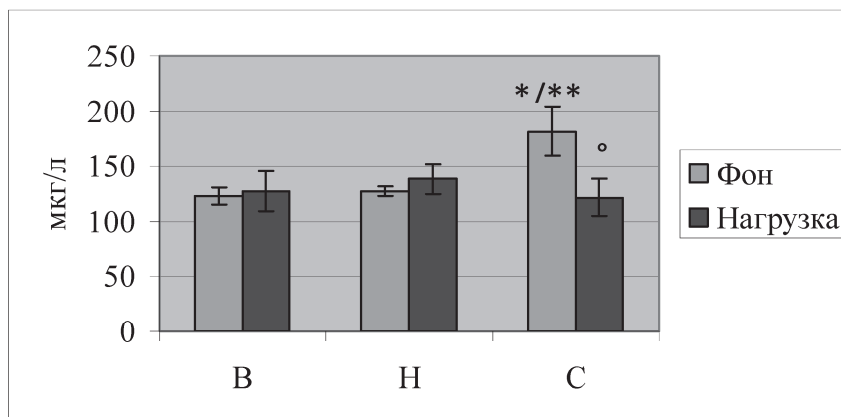


Рис. 2. Уровень ПГ 1 сыворотки крови натощак после выполнения дозированной 30-минутной физической нагрузки на уровне 75 % от МПК у лиц с различным вегетативным тонусом: В – ваготоники, Н – нормотоники, С – симпатотоники. * – достоверность различий относительно группы ваготоников, $p < 0,05$; ** – достоверность различий относительно группы нормотоников, $p < 0,05$; ◦ – достоверность различий относительно фона, $p < 0,05$

Fig. 2. Blood serum PG 1 level on an empty stomach after 30-minute dosed physical activity at a level of 75 % of VO₂ max in persons with different vegetative tone: В – vagotonic, Н – normotonic, С – sympathotonic. * – reliability of differences in reference to the group of vagotonics, $p < 0,05$; ** – reliability of differences in reference to the group of normotonics, $p < 0,05$; ◦ – reliability of differences in reference to background values, $p < 0,05$

чувствительность к физической нагрузке уровня обоих пепсиногенов и коэффициента их соотношения в группе симпатотоников. При этом происходит снижение ПГ 1 до нормы.

Гидролазы сыворотки крови тесно связаны с активностью пищеварительных желез, функциональное состояние которых напрямую зависит от приема пищи. Вопрос о влиянии приема пищи на активность гидролаз имеет принципиальное значение [11]. Исследование постпрандиальных изменений гидролитической активности многократно освещено в работах отечественных и зарубежных авторов, однако полученные сведения противоречивы.

В нашем исследовании действие пищи рассматривалось на протяжении 75 мин после приема стандартного белкового завтрака, то есть во время максимальной активности пищеварительных желез. Установлено, что прием пищи не приводит к достоверным изменениям уровня амилазы, ПГ 1, ПГ 2 и коэффициента ПГ 1 / ПГ 2. Тенденция превалирования показателей амилазы крови на протяжении всего постпрандиального периода принадлежит группе ваготоников. Очевидно, что активность пищеварительных ферментов в сыворотке крови не претерпевает значительных изменений в период активности пищева-

тельных желез. Амилолитическая активность сыворотки крови увеличивается через 2–3 ч после приема пищи [9, 11].

Более выраженным изменениям подверглась активность липазы. Группа ваготоников характеризуется скачкообразным изменением уровня фермента, не достигшего достоверности (рис. 3). В группе нормотоников активность липазы к концу периода исследования повысилась на 128,4 % относительно тощачковых значений ($p < 0,05$).

У симпатотоников отмечается постепенное повышение активности фермента к 15 и 45 минутам постпрандиального периода и резкое снижение к концу исследования ($p < 0,05$).

Таким образом, определены индивидуальные особенности липолитической активности в условиях приема пищи, характеризующиеся различной разнонаправленной динамикой изменений в соответствии с вегетативным тонусом.

Существуют литературные данные о постпрандиальном увеличении гидролаз в лимфе [4]. Можно предположить, что именно постпрандиальный эффект снижения липолитической активности связан с выделением фермента в лимфу. Активность других гидролаз может быть отсрочена по времени на период восстановления пищеварительных желез.

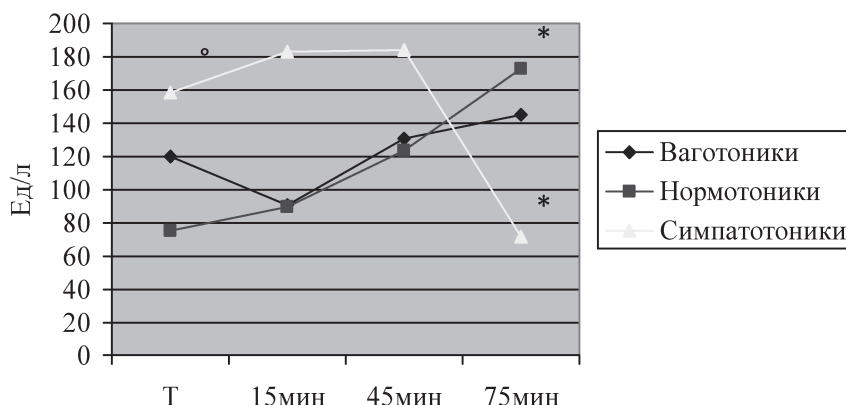


Рис. 3. Фоновые показатели активности липазы сыворотки крови в различные постпрандиальные периоды у лиц с разным вегетативным тонусом (Т – тощачовые значения липазы; 15 мин, 45 мин, 75 мин – исследуемые постпрандиальные периоды). * – достоверность различий относительно тощачовых значений, $p < 0,05$; o – достоверность различий относительно группы нормотоников, $p < 0,05$

Fig. 3. Background values of blood serum lipase activity during various post-prandial period sinpersons with different vegetative tone (T – lipase values on an empty stomach; 15 min, 45 min, 75 min – post-prandial periods studied). * – reliability of differences in reference to values on an empty stomach, $p < 0,05$; o – reliability of differences in reference to the group of normotonics, $p < 0,05$

Выводы. Активность пищеварительных ферментов сыворотки крови имеет типологические особенности, зависящие от исходного тонуса вегетативной нервной системы. В условиях фона определена немодифицирующая роль парасимпатического отдела ВНС и стимуляция уровня пепсиногенов и липазы при превалировании симпатических влияний.

По показателям ПГ 1 в группе лиц с преобладанием симпатического тонуса установлено превышение верхней границы нормы, что коррелирует с желудочной секрецией и повышает возможный риск развития язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки у лиц данной группы в межпищеварительный период.

В условиях приема пищи не выявлено достоверных изменений показателей амилазы, ПГ 1 и ПГ 2. При этом постпрандиальная динамика липолитической активности имела разнонаправленный характер: возрастала в группе нормотоников, достигая достоверности к 75 минуте исследования, снижалась в 2 раза к концу исследования в группе симпатотоников.

Регуляторные взаимодействия в условиях фона между активностью пищеварительных ферментов и исследуемыми гормонами по показателям корреляционного анализа максимально представлены в группе симпатотоников в виде различно направленных связей средней силы. При этом в условиях эмоционального напряжения в группах с крайними

значениями вегетативного баланса теснота связей усилилась, появились сильные связи. Количественная характеристика значимых связей возрастает в ряду $H < B < C$.

Литература

1. Архипова, О.А. Влияние физической нагрузки на содержание ферментов в дуоденальном содержимом и в сыворотке крови у студентов с различным тонусом автономной нервной системы / О.А. Архипова, Л.Н. Смелышева // *Материалы XXI съезда Физиол. о-ва им. И.П. Павлова.* – Калуга, 2010. – С. 39.
2. Баевский, Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // *Ультразвуковая функциональная диагностика.* – 2001. – № 3. – С. 108–127.
3. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // *Физиология человека.* – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70–82.
4. Бартош, В. Роль лимфы в физиологии и патологии поджелудочной железы. Венозное кровообращение и лимфообращение / В. Бартош. – Алма-Ата, 1976. – 156 с.
5. Березина, Т.П. Механизмы торможения сократительной активности илеоцекальной зоны у кроликов при психогенном стрессе / Т.П. Березина, В.И. Овсянников // *Рос. физиол. журн.* – 2005. – № 8. – С. 893–902.
6. Виру, А.А. Гормоны и спортивная ра-

- ботоспособность / А.А. Виру, П.К. Кырге. – М.: Медицина, 1983. – 159 с.
7. Колодкина, Е.В. Гомеостаз инкретируемых ферментов у женщин при беременности и в период грудного вскармливания / Е.В. Колодкина, Н.Ф. Камакин. – Киров: Кировская ГМА, 2008. – 156 с.
8. Коротько, Г.Ф. Механизмы формирования свойств панкреатического секрета / Г.Ф. Коротько, С.Э. Восканян // Рос. журн. гастроэнтерол., гепатол., колопроктол. – 2003. – Т. 4, № 4. – С. 16–25.
9. Коротько, Г.Ф. Рекреция ферментов и гормонов экзокринными железами / Г.Ф. Коротько // Успехи физиол. наук. – 2003. – Т. 34, № 2. – С. 21–32.
10. Коротько, Г.Ф. Желудочное пищеварение / Г.Ф. Коротько. – Краснодар: ООО БК «Группа Б», 2007. – 256 с.
11. Коротько, Г.Ф. Рециркуляция ферментов пищеварительных желез / Г.Ф. Коротько. – Краснодар: Изд-во «ЭДВИ», 2011. – 20 с.
12. Корсунский, А.А. Хеликобактериоз и болезни органов пищеварения у детей / А.А. Корсунский, П.Л. Щербатов, В.А. Исаков. – М.: Медпрактика-М, 2002. – 168 с.
13. Котельников, С.А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинок // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.
14. Кузнецов, А.П. Влияние эмоционального стресса на функциональное состояние желудочно-кишечного тракта / А.П. Кузнецов, Л.Н. Смельшиева, Н.В. Сажина // Конф. XX съезда Физиол. о-ва им. И.П. Павлова. – М., 2007. – С. 292.
15. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 351 с.
16. Мазуров, В.И. Гормональные механизмы регуляции процессов адаптации человека к экстремальным воздействиям внешней среды / В.И. Мазуров, С.Б. Шустов // Журн. мед. акад. – 2008. – № 1. – С. 29–39.
17. Ноздрачев, А.Д. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы / А.Д. Ноздрачев, Ю.В. Щербатых // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 95–101.
18. Селье, Г. На уровне целого организма / Г. Селье. – М.: Наука, 1972.
19. Семенов, Ю.Н. Аппаратно-программный комплекс «Варикард» для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа ритма сердца / Ю.Н. Семенов // Вариабельность сердечного ритма. – Ижевск: УдГУ, 1996. – С. 160.
20. Судаков, К.В. Системное построение динамических стереотипов головного мозга при стрессе / К.В. Судаков // Материалы XX съезда Физиол. о-ва им. И.П. Павлова. – М., 2007. – С. 6.
21. Тихвинский, С.Б. Определение, методы и оценка физической работоспособности детей и подростков / С.Б. Тихвинский, И.В. Аулик // Детская спортивная медицина. – М.: Медицина, 1980. – С. 170–189.
22. Уголев, А.М. Энтериновая (кишечная гормональная) система / А.М. Уголев. – Л.: Наука, 1978. – 314 с.
23. Щербатых, Ю.В. Связь особенностей личности студентов-медиков с активностью вегетативной нервной системы / Ю.В. Щербатых // Психол. журнал. – 2002. – № 1. – С. 118–122.
24. Adaptation of the hypothalamic-pituitary hormones during intensive endurance training / T. Bobbert, L. Brechtel, K. Mai et al. // Clin. Endocrinol. – 2005. – Vol. 5. – P. 530–536.
25. Acute carbon dioxide exposure in healthy adults: Evaluation of a novel means of investigating the stress response / J. Kaye, F. Buchman, A. Kendrick et al. // J. Neuroendocrinol. – 2004. – Vol. 3. – P. 256–264.
26. Martinez-Augustin, O. Effect of psychogenic stress on gastrointestinal function / O. Martinez-Augustin, F.Jr. Sanches de Madina // J. Physiol. Biochem. – 2000. – Vol. 56. – P. 259–274.
27. Maton, P.N. Prevention of stress-related mucosal bleeding with proton-pump inhibitors / P.N. Maton // Alim. Pharmacol. and Ther. – 2005. – P. 45–52.
28. Rhodes, M.E. Pituitary-adrenal responses to cholinergic stimulation and acute mild stress are differentially elevated in male and female M2 muscarinic receptor knockout mice / M.E. Rhodes, T.E. Billings, R.K. Czambel // J. Neuroendocrinol. – 2005. – Vol. 17, № 12. – P. 817–826.

Смельшова Лада Николаевна, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой анатомии и физиологии человека, Курганский государственный университет. 640020, г. Курган, ул. Советская, 63. E-mail: smelisheva@ya.ru, ORCID: 0000-0003-2459-749X.

Кузнецов Александр Павлович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии человека, Курганский государственный университет. 640020, г. Курган, ул. Советская, 63. E-mail: kuznesov@ya.ru, ORCID: 0000-0002-4733-8063.

Поступила в редакцию 27 марта 2018 г.

DOI: 10.14529/hsm180203

BLOOD SERUM DIGESTIVE ENZYMES ACTIVITY IN PERSONS WITH A DIFFERENT TONE OF THE VEGETATIVE SYSTEM UNDER PHYSICAL LOAD

L.N. Smelysheva, smelisheva@ya.ru, ORCID: 0000-0003-2459-749X,

A.P. Kuznetsov, kuznesov@ya.ru, ORCID: 0000-0002-4733-8063

Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation

Aim. The aim of this article is to study hydrolytic activity of blood serum digestive enzymes and its topological dependence on initial tone of the vegetative system. **Materials and methods.** We formed three groups (76 young people) according to the results of a cardiac rhythm testing and parameters of heart rate variability: vagotonics, normotonics and sympathotonics. The study consisted of two stages: the first stage was performed under background conditions, the second stage comprised dosed physical load (36900 kgm, 30 minutes). **Results.** We established the role of the sympathetic and parasympathetic nervous systems in the incretion of pepsinogens, amylase and lipase under background conditions and after dosed physical load. We described lipolytic and amylolytic activity, as well as the incretion of pepsinogens in postprandial dynamics under background conditions and after physical load. We also established a modifying influence of the parasympathetic system on amylolytic activity and the influence of the sympathetic system on lipolytic activity and lipase stress-induced dynamics. **Conclusion.** Hydrolytic potential of the stomach in terms of the incretion of pepsinogens in the interdigestive period is associated with sympathetic tone. The highest sensitivity of PG1/PG2 coefficients under physical load was registered in the group with sympathetic tone. Postprandial changings in hydrolase were mostly characterized by amylase and lipase activity.

Keywords: *blood hydrolytic activity, tone of the vegetative system, physical load.*

References

1. Arkhipova O.A., Smelysheva L.N. [Influence of Physical Load on the Content of Enzymes in Duodenal Contents and in Blood Serum in Students with Different Tonus of the Autonomic Nervous System]. *Materialy XXI s'yezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I.P. Pavlova* [Materials of the XXI Congress of the Physiological Society I.P. Pavlova], 2010, 39 p.
2. Bayevskiy R.M., Ivanov G.G. [Heart Rate Variability. Theoretical Aspects and Possibilities of Clinical Application]. *Ul'trazvukovaya funktsional'naya diagnostika* [Ultrasound Functional Diagnostics], 2001, no. 3, pp. 108–127. (in Russ.)
3. Bayevskiy R.M. [Analysis of Heart Rate Variability in Space Medicine]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Human], 2002, vol. 28, no. 2, pp. 70–82. (in Russ.)
4. Bartosh V. *Rol' limfy v fiziologii i patologii podzheludochnoy zhelezy. Venoznoye krovoobrashcheniye i limfoobrashcheniye* [The Role of Lymph in the Physiology and Pathology of the Pancreas. Venous Blood Circulation and Lymph Circulation]. Alma-Ata, 1976. 156 p.

5. Berezina T.P., Ovsyannikov V.I. [Mechanisms of Inhibition of the Contractile Activity of the Ileocecal Zone in Rabbits Under Psychogenic Stress]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal* [Russian Physiological Journal], 2005, no. 8, pp. 893–902. (in Russ.)
6. Viru A.A., Kyrge P.K. *Gormony i sportivnaya rabotosposobnost'* [Hormones and Athletic Performance]. Moscow, Medicine Publ., 1983. 159 p.
7. Kolodkina E.V., Kamakin N.F. *Gomeostaz inkretiruyemykh fermentov u zhenshchin pri bere-mennosti i v period grudnogo vskarmlivaniya* [Homeostasis of Incremental Enzymes in Women During Pregnancy and During Breastfeeding]. Kirov, Kirov State Medical Academy Publ., 2008. 156 p.
8. Korot'ko G.F., Voskanyan S.E. [Mechanisms of Formation of Pancreatic Secret Properties]. *Rossiyskiy zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* [Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology], 2003, vol. 4, no. 4, pp. 16–25. (in Russ.)
9. Korot'ko G.F. [Enzyme and Hormone Secretion by Exocrine Glands]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* [Progress in the Physiological Sciences], 2003, vol. 34, no. 2, pp. 21–32. (in Russ.)
10. Korot'ko G.F. *Zheludochnoye pishchevareniye* [Gastric Digestion]. Krasnodar, OOO BC Group B Publ., 2007. 256 p.
11. Korot'ko G.F. *Retsirkulyatsiya fermentov pishchevaritel'nykh zhelez* [Recirculation of Digestive Gland Enzymes]. Krasnodar, EDVI Publ., 2011. 20 p.
12. Korsunskiy A.A., Sherbakov P.L., Isakov V.A. *Khelikobakterioz i bolezni organov pishcheva-reniya u detey* [Helicobacteriosis and Diseases of the Digestive System in Children]. Moscow, Medpraktika-M Publ., 2002. 168 p.
13. Kotel'nikov S.A., Nozdrachev A.D., Odinak M.M. [Variability of the Rhythm of the Heart. Ideas About the Mechanisms]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Human], 2002, vol. 28, no. 1, pp. 130–143. (in Russ.)
14. Kuznetsov A.P., Smelysheva L.N., Sazhina N.V. [The Influence of Emotional Stress on the Functional State of the Gastrointestinal Tract]. *Konferentsiya XX s'yezda fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [Conference of the XX Congress of the Physiological Society Named after I.P. Pavlova], 2007. 292 p.
15. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Higher School Publ., 1990. 351 p.
16. Mazurov V.I., Shustov S.B. [Hormonal Mechanisms of the Regulation of Human Adaptation to Extreme Environmental Influences]. *Zhurnal meditsinskoj akademii* [Journal of the Medical Academy], 2008, no. 1, pp. 29–39. (in Russ.)
17. Nozdrachev A.D., Sherbatykh Yu.V. [Modern Methods for Assessing the Functional State of the Autonomic (Autonomic) Nervous System]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Human], 2001, vol. 27, no. 6, pp. 95–101. (in Russ.)
18. Sel'ye G. *Na urovne tselogo organizma* [At the Level of the Whole Organism]. Moscow, Science Publ., 1972.
19. Semenov Yu.N. [Hardware-Software Complex Varicard for Evaluation of the Functional State of the Body Based on the Results of Mathematical Analysis of Heart Rate]. *Variabel'nost' serdechnogo ritma* [Variability of the Heart Rate], 1996, p. 160. (in Russ.)
20. Sudakov K.V. [Systemic Construction of Dynamic Stereotypes of the Brain under Stress]. *Materialy XX s'yezda fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [Materials of the XX Congress of the Physiological Society Named after I.P. Pavlova], 2007, p. 6. (in Russ.)
21. Tikhvinskiy S.B., Aulik I.V. [Definition, Methods and Assessment of Physical Performance of Children and Adolescents]. *Detskaya sportivnaya meditsina* [Children's Sports Medicine], 1980, pp. 170–189. (in Russ.)
22. Ugolev A.M. *Enterinovaya (kischechnaya gormonal'naya) sistema* [Enteric (Intestinal Hormonal) System]. Leningrad, Science Publ., 1978. 314 p.
23. Sherbatykh Yu.V. [Relationship Features of the Personality of Medical Students with the Activity of the Autonomic Nervous System]. *Psikhologicheskiy zhurnal* [Psychological Journal], 2002, no. 1, pp. 118–122. (in Russ.)
24. Bobbert T., Brechtel L., Mai K. et al. Adaptation of the Hypothalamic-Pituitary Hormones During Intensive Endurance Training. *Clin. Endocrinol.*, 2005, vol. 5, pp. 530–536.

25. Kaye J., Buchman F., Kendrick A. et al. Acute Carbon Dioxide Exposure in Healthy Adults: Evaluation of a Novel Means of Investigating the Stress Response. *J. Neuroendocrinol.*, 2004, vol. 3, pp. 256–264.
26. Martinez-Augustin O., Sanches de Madina F.Jr. Effect of Psychogenic Stress on Gastrointestinal Function. *J. Physiol. Biochem.*, 2000, vol. 56, pp. 259–274.
27. Maton P.N. Prevention of Stress-Related Mucosal Bleeding with Proton-Pump Inhibitors. *Alim. Pharmacol. and Ther.*, 2005, pp. 45–52.
28. Rhodes M.E., Billings T.E., Czambel R.K. et al. Pituitary-Adrenal Responses to Cholinergic Stimulation and Acute Mild Stress are Differentially Elevated in Male and Female M2 Muscarinic Receptor Knockout Mice. *J. Neuroendocrinol.*, 2005, vol. 17, no. 12, pp. 817–826.

Received 27 March 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Смельшева, Л.Н. Активность пищеварительных ферментов сыворотки крови у лиц с различным исходным тономусом вегетативной нервной системы при действии физической нагрузки / Л.Н. Смельшева, А.П. Кузнецов // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 24–34. DOI: 10.14529/hsm180203

FOR CITATION

Smelysheva L.N., Kuznetsov A.P. Blood Serum Digestive Enzymes Activity in Persons with a Different Tone of the Vegetative System under Physical Load. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 2, pp. 24–34. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180203