

М. В. Бутакова, А. В. Грязных, П. Н. Самикулин, Е. В. Камшилова

**ЭНЗИМОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У ОБСЛЕДУЕМЫХ С
РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ПОВСЕДНЕВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В
УСЛОВИЯХ ПОСТНАГРУЗОЧНОГО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА**

В статье представлены результаты исследования по определению уровня ферментов в сыворотке крови у спортсменов-борцов и нетренированных добровольцев. Определяли концентрацию пепсиногена-1, 2, активность амилазы и липазы в сыворотке крови в условиях мышечного покоя, сразу после мышечной нагрузки, в постнагрузочном периоде 1 и 2 часа. Установлено, что в группе борцов при высоком фоновом уровне амилазы снижен уровень липазы. Ферментативный гомеостаз крови обследуемых групп показал устойчивость к действию мышечной нагрузки. Зафиксированы значительные изменения только уровня пепсиногена-1 на 15-ой минуте стимулированной панкреатической секреции, причем данная нагрузка вызывала разные по направленности сдвиги данного фермента у обследуемых групп. Значимые изменения показателей гидролитической крови установлены в постнагрузочном периоде продолжительностью 2 часа. У борцов при снижении амилалитической активности крови увеличивался уровень липазы и пепсиногена-1. В группе сравнения даже через 2 часа отдыха не восстановился уровень липазы, в то время как содержание пепсиногенов увеличивалось.

Ключевые слова: ферменты, амилаза, липаза, пепсиноген, гидролитическая активность крови, постнагрузочный период, борцы.

**ENZYMATIC BLOOD INDICATORS AMONG EXAMINED PERSONS
WITH DIFFERENT LEVEL OF DAILY PHYSICAL ACTIVITY IN TERMS OF POST
LOAD RECOVERY PERIOD**

This article presents the results of the enzymes level research in the blood serum among sportsmen-wrestlers and unexercised volunteers. We defined concentration of pepsinogen-1, 2, amylase and lipase activity in the blood serum at muscular rest, just after muscular exercises and 1-2 hours post load period. It is determined that a group of wrestlers with high level of amylase has got the reduced lipase level. Enzymatic homeostasis of blood withing the examined groups showed the resistance to the muscle load. Just slightly changes of pepsinogen-1 level were fixed at the 15th minutes of the stimulated pancreas secretion. Such a load induced various directional shifts of these enzymes withing the examined groups. Considerable changes in hydrolitique blood were found in 2 hours post load period. When amylolitique blood activity reduced, the level of lipase and pepsinogen-1 grew up. Even after 2 hours of rest the level of lipase didn't recover as well as the level of pepsinogens grew up among wrestlers.

Key words: enzymes, amylase, lipase, pepsinogen, hydrolitique blood activty, post-load period, wrestlers.

Важную роль в сохранении и увеличении уровня активности населения играет спорт [1; 2]. Во время занятий спортом в организме человека происходит ряд адаптивных процессов, которые помогают приспособиться к условиям систематических физических нагрузок [2; 3]. Пищеварительной системе принадлежит существенная роль в приспособлении организма к регулярным мышечным нагрузкам и в обеспечении оптимального протекания восстановительных процессов [4; 5]. Пищеварительные железы синтезируют набор гидролитических ферментов, обеспечивающих деполимеризацию нутриентов пищи в основном до мономеров, которые используются организмом в качестве пластического и энергетического субстратов. Кроме этого, синтезируемые и секретируемые пищеварительными железами ферменты, инкретируясь, транспортируются кровью, сорбируются ее компонентами и эндотелием сосудов, а также рекретируются (ресекретируются) в составе секретов пищеварительных желез [7; 8; 9]. Иными словами, ферменты рециркулируют в системе органов ЖКТ, выполняя сигнальную роль в авторегуляции секреторной функции пищеварительных желез.

Ферментативная активность крови относительно постоянная, что является результатом сбалансированности, с одной стороны, инкреции ферментов с их экскрецией, с другой, их инактивацией, деградацией, связью с ингибиторами и сорбентами, а также протеолизом [7; 8; 9]. В работах последних лет показано, что, несмотря на значительную вариабельность энзимологических показателей сыворотки и плазмы крови при влиянии многих физиологических и патогенных факторов [10; 11; 12], для них характерна качественно одинаковая взаимозависимость, свойственная всем метаболическим процессам в организме [13]. Однако содержание ферментов пищеварительных желез в крови, а также особенности обеспечения ферментного гомеостаза в постнагрузочном восстановительном периоде изучены недостаточно. Кроме того, известно, что концентрация инкретируемых гидролитических ферментов в сыворотке и плазме крови зависит от количества активных секреторных клеток-продуцентов в составе пищеварительных желез, сопротивления оттоку секрета из железы в полость пищеварительного тракта [7; 9; 12]. Следовательно, учитывая содержание энзимов в крови в различных условиях функционирования организма, можно дать заключение о функциональном состоянии пищеварительных желез, синтезирующих эти ферменты.

Исходя из вышеизложенного, мы провели исследование по определению уровня ферментов в сыворотке крови у высококвалифицированных спортсменов-борцов и нетренированных добровольцев в условиях постнагрузочного восстановительного периода.

Организация и методы исследования

Исследование проводилось на базе ГБУ «Курганский областной врачебно-физкультурный диспансер» и вузовско-академической лаборатории «Физиология экстремальных состояний» кафедры анатомии и физиологии человека ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет». В исследовании приняли участие молодые люди – студенты Курганского государственного университета в возрасте 18–22 лет, которые прошли скрининг, включающий в себя соматоскопию, антропометрию, предварительное зондирование, и по состоянию здоровья относились к основной медицинской группе. В соответствии с поставленными задачами исследования была сформирована группа спортсменов-борцов высокой квалификации (n=16) (квалификации «мастер спорта», «кандидат в мастера спорта»), мышечная деятельность которых реализуется преимущественно в анаэробном энергетическом режиме (греко-римская борьба, борьба самбо, дзюдо), а уровень тренировочных нагрузок составляет не менее 8–10 часов в неделю. В группу сравнения (n=16) были включены практически здоровые добровольцы, занимающиеся физической культурой не более 4 часов в неделю.

В зависимости от условий функционирования организма уровень ферментов в сыворотке крови определяли в 4 этапа: в условиях относительного мышечного покоя (фоновый уровень); сразу после выполнения мышечной нагрузки; постнагрузочный период продолжительностью один час (через 60 минут после выполнения мышечной нагрузки); постнагрузочный период продолжительностью два часа (через 120 минут после мышечной нагрузки). Каждый этап исследования проводили через 7-14-дневные промежутки.

В качестве мышечной нагрузки использовали модель продолжительной работы на велоэргометре в течение 60 минут на уровне 70–75 % от МПК мощностью 130 Вт, частота вращения педалей составляла 60–70 об/мин.

Забор крови из локтевой вены осуществляли в положении сидя до введения зонда и на 15 минуте стимуляции внешнесекреторной функции поджелудочной железы (при интродуоденальном введении 30 мл 0,5 %-ого раствора соляной кислоты). Кровь подвергали центрифугированию, полученную пробу сыворотки помещали в холодильник при температуре – 20°C. В сыворотке крови методом иммуноферментного анализа определяли концентрацию ферментов пепсиногена 1 и 2 (ИФА – Бест, Россия), кинетическим методом с помощью анализатора «СНЕМ-7», наборов реагентов α -АМИЛАЗА ФС определяли активность α -амилазы (Е/л) (Диакон-ДС, Россия), колориметрическим методом с помощью наборов реагентов Lipase Human определяли активность липазы (Е/л) (Биокон, Россия).

Обработку полученных данных проводили на персональном компьютере методом вариационного анализа [14] с использованием пакета прикладных программ «Statistica 5.11», «Excel 2003». Для оценки достоверности результатов использовали критерий Стьюдента-Фишера с разделением по анализируемым группам. Различия между сравниваемыми величинами считали достоверными при вероятности не менее 95 % ($p=0,05$).

Результаты исследования

В рамках исследования в условиях фона, сразу после выполнения мышечной нагрузки, в постнагрузочном периоде был определен уровень амилазы, липазы, пепсиногена-1 и пепсиногена-2 в сыворотке крови, которые, как известно, обладают каталитическими и регуляторными свойствами, изменяют секреторную деятельность пищеварительных желез, непосредственно и опосредованно влияя на них, интегрируют ферментовыделение [12].

Амилолитическая активность крови обеспечивается работой поджелудочной и слюнных желез [7; 15]. В сыворотке крови панкреатическая амилаза составляет 30–55 % (в среднем 43 %) [7]. Уровень этого фермента в крови является весомым диагностическим признаком, характеризующим развитие многих заболеваний. Коридор нормальных значений этого фермента составляет от 23 до 100 Ед/л.

Плазма и сыворотка крови имеют невысокую липолитическую активность [8], которой свойственно полиорганное происхождение [16]. Большое значение отводится панкреатической липазе, играющей важную роль в пищеварении. Референсный диапазон липазы крови колеблется в широких пределах от 1 до 200 Ед/л. Учитывая то, что липолитическая активность крови связана с обменом липидов в организме, то по ее показателям можно судить о метаболизме жиров.

Пепсиноген-1 происходит в основном из главных клеток желез фундо-корпорального отдела желудка, а пепсиноген-2 из антрального отдела. Количественное их измерение отражает состояние слизистой оболочки желудка, ее функциональную активность и возможные атрофические изменения. Определение пепсиногена-1 информирует о состоянии желез тела и фундального отдела, а пепсиногена-2 – всех отделов желудка. Референсный диапазон концентрации пепсиногена-1 в сыворотке крови находится в пределах 30–165 мкг/л, пепсиногена-2 – 4–22 мкг/л. Функциональный статус желудка может отражать соотношение пепсиногена-1/пепсиногена-2 [17; 18], в норме соотношение пепсиногена-1/пепсиногена-2 не выходит за пределы 3. Показано, что снижение уровня пепсиногена-1 ниже 25 мкг/л, величина соотношения пепсиногена-1/пепсиногена-2 в сыворотке крови менее 3 служит диагностическим фактором, подтверждающим выраженный атрофический процесс в слизистой оболочке тела желудка. Высокий уровень пепсиногена-2 является фактором риска язвы желудка, а также воспалительных заболеваний желудка любой этиологии [19]. Сывороточные показатели пепсиногена-1, 2 являются результатом беззондовой оценки кислотности желудка и упрощенным методом диагностики заболеваний, связанных с ним.

Результаты проведенного исследования, динамика изменения уровня амилазы, липазы, пепсиногена-1 и пепсиногена-2 в различных условиях функционирования организма (относительный мышечный покой, мышечная нагрузка, постнагрузочный восстановительный период продолжительностью один и два часа) представлены в таблице.

Концентрация ферментов в сыворотке крови в постнагрузочном периоде ($M \pm m$) (n=32)

Исследуемый показатель	Референсный диапазон	Условия	Фоновый уровень	Сразу после нагрузки	ПНП 1 час	ПНП 2 часа
Группа сравнения (n=16)						
Амилаза, Е/л	23–100	ТП	48,6±3,7	44,6±3,8	44,9±3,3	52,5±4,0
		СП	49,2±3,5	41,2±3,2	36,6±3,1*	46,6±3,2
Липаза, Е/л	1–200	ТП	168,6±18,9	176,8±22,6	94,8±11,7**	80,0±10,1***
		СП	156,5±11,9	163,3±7,0	90,1±5,7***	120,2±5,2**
ПГ 1, мкг/л	30–165	ТП	133,3±5,3	123,7±5,1	133,4±5,6	159,8±7,3**
		СП	162,8±10,1	112,3±2,5***	140,5±2,8*	170,1±2,4
ПГ 2, мкг/л	4–22	ТП	17,3±1,4	15,0±0,8	15,1±0,7	21,0±1,5
		СП	15,9±0,6	17,1±0,5	17,4±0,6	25,8±2,1***
ПГ1/ПГ2	3–20	ТП	8,21±0,71	8,73±0,72	9,04±0,63	7,91±0,52
		СП	10,52±0,81	6,61±0,51***	8,22±0,61**	7,03±0,51***
Группа борцов (n=16)						
Амилаза, Е/л	23–100	ТП	83,7±92^^	84,6±8,8	93,6±11,6	44,1±4,9***
		СП	78,5±3,7^^	81,8±3,7	88,1±4,3	65,4±2,1**
Липаза, Е/л	1–200	ТП	94,9±7,5^^	92,9±12,1	97,0±10,9	194,3±18,6***
		СП	122,7±6,2^^	100,0±6,3	100,2±6,3	184,8±5,3***
ПГ 1, мкг/л	30–165	ТП	127,7±5,0	133,6±4,1	125,6±5,6	143,4±5,3*
		СП	126,7±4,1^^	154,8±4,9***	120,4±7,8	149,9±5,3**
ПГ 2, мкг/л	4–22	ТП	21,4±1,6	26,9±2,5	18,9±1,8	27,3±2,3*
		СП	22,8±1,5^^^	28,9±1,8*	19,3±0,6	28,2±1,4*
ПГ1/ПГ2	3–20	ТП	6,42±0,52	6,22±1,22	7,64±0,84	6,22±0,73
		СП	6,04±0,53	5,71±0,44	6,31±0,53	5,52±0,44

Примечание: ПНП – постнагрузочный период; ПГ – пепсиноген

ТП – натощак, СП – на 15-й минуте стимулирования секреции;

^ – различия достоверны относительно группы сравнения $p < 0,05$;

^^ – $p < 0,01$;

^^^ – $p < 0,001$;

* – различия достоверны относительно фоновых значений $p < 0,05$;

** – $p < 0,01$;

*** – $p < 0,001$.

Установлено, что фоновый уровень активности амилазы, липазы и концентрации пепсиногена-1 и пепсиногена-2 в сыворотке крови обследуемых спортсменов-борцов высокой квалификации и нетренированных добровольцев находились в пределах референсных значений.

Анализ межгрупповых различий в условиях относительного мышечного покоя (фоновый уровень) показал, что активность сывороточной амилазы у борцов в тощачовой и стимулированной пробе значительно превышала аналогичные показатели группы сравнения ($p < 0,01$), при этом липолитическая активность крови была ниже у борцов ($p < 0,01$). Концентрация сывороточного пепсиногена-1 и пепсиногена-2 натощак не имела достоверных различий между группами обследуемых добровольцев. На 15-й минуте стимулированной секреции у борцов концентрация пепсиногена-1 ниже, чем в группе сравнения ($p < 0,01$), содержание пепсиногена-2, напротив, выше ($p < 0,001$). Соотношение пепсиногена-1/пепсиногена-2 в сыворотке крови обследуемых групп входило в коридор физиологической нормы.

Выполнение 60-минутной велоэргометрической нагрузки приводило к незначительному изменению концентрации обсуждаемых сывороточных ферментов натощак. В зависимости от адаптированности к мышечным нагрузкам выявлены разнонаправленные изменения концентрации ферментов. Так, после выполнения мышечной нагрузки натощак у нетренированных добровольцев отмечалась тенденция к снижению концентрации сывороточной амилазы, пепсиногена-1 и пепсиногена-2, при этом концентрация липазы увеличивалась относительно фоновых значений. В группе борцов выявлены обратные изменения: при увеличении концентрации амилазы, пепсиногена-1 и пепсиногена-2 концентрация липазы снижалась. На 15-ой минуте стимулированной панкреатической секреции выявлены достоверные изменения уровня пепсиногенов. Предложенная нагрузка потенцировала уровень пепсиногена-1 ($p < 0,001$) и пепсиногена-2 ($p < 0,05$) в сыворотке крови у борцов, в группе сравнения снижался уровень пепсиногена-1 ($p < 0,001$).

В постнагрузочном восстановительном периоде значительные изменения содержания гидролаз крови у обследуемых групп выявлены через два часа отдыха после мышечной нагрузки. Для группы сравнения характерно снижение липолитической активности крови (натощак до $47,4 \pm 4,4$ %, $p < 0,001$; на 15-й минуте стимулированной секреции до $76,8 \pm 4,4$ %, $p < 0,001$), при этом увеличивалась концентрация пепсиногена-1 натощак (до $119,9 \pm 4,6$ %, $p < 0,01$) и пепсиногена-2 на 15-й минуте стимулированной секреции (до $162,9 \pm 8,1$ %, $p < 0,001$). У борцов в постнагрузочном восстановительном периоде продолжительностью два часа активность амилазы в крови снижалась, особенно натощак (до $52,7 \pm 11,2$ %, $p < 0,001$), при этом увеличивалась активность сывороточной липазы (натощак до $204,8 \pm 9,6$ %, $p < 0,001$; на 15-й минуте стимулированной секреции до $150,5 \pm 2,9$ %, $p < 0,001$), пепсиногена-1 (натощак до $118,3 \pm 3,5$ %; $p < 0,05$, при стимуляции до $127,8 \pm 8,3$ %; $p < 0,01$) и пепсиногена-2 (натощак до $127,8 \pm 8,3$ %; $p < 0,05$, при стимуляции до $123,7 \pm 4,9$ %; $p < 0,05$).

Заключение

Обобщая результаты определения гидролитической активности крови, необходимо отметить, что в условиях относительного мышечного покоя в группе борцов при высокой амилолитической активности крови снижен уровень липазы. Ферментативный состав крови обследуемых групп показал устойчивость к действию предложенной мышечной нагрузки продолжительностью 60 минут на уровне 70–75 % от МПК. Зафиксированы значительные изменения только уровня пепсиногена-1 при стимуляции панкреатической секреции интродуоденальным введением раствора соляной кислоты, причем данная нагрузка вызывала разные по направленности сдвиги данного фермента у обследуемых групп. Так, предложенная нагрузка потенцировала уровень пепсиногена-1 у спортсменов-борцов, а в группе сравнения наблюдалось тормозное влияние нагрузки на клетки фундо-корпорального отдела желудка. Значимые изменения показателей гидролитической крови установлены в постнагрузочном восстановительном периоде продолжительностью два часа. У борцов при снижении амилолитической активности крови увеличивался уровень липазы и пепсиногена-1. В группе сравнения даже через два часа отдыха не восстановился уровень липазы, в то время как содержание пепсиногенов увеличивалось.

По данным некоторых авторов, концентрация пепсиногена-1 выше 165 мкг/л позволяет относить обследуемых к группе риска по язве двенадцатиперстной кишки. Превышение верхней границы нормы сывороточного пепсиногена-2 может свидетельствовать о наличии у обследуемого человека воспаления слизистой оболочки желудка любой этиологии [19]. Увеличение уровня пепсиногена-1 и пепсиногена-2 в постнагрузочном периоде может свидетельствовать о риске развития заболеваний гастро-дуоденальной зоны ЖКТ, что, несомненно, заслуживает особого внимания и должно привести к дальнейшему изучению и поиску путей оптимизации восстановительного процесса.

Литература

1. Бауман, Э. Роль спорта в увеличении физической активности населения [Текст] / Э. Бауман, С. Титзе, П. Ойа // Профилактическая медицина. – 2014. – 17, № 1. – С. 49–54.
2. Черницына, Н. В. Оценка минеральной плотности костной ткани спортсменов различных специализаций методом двухэнергетической рентгенографической абсорбциометрии [Текст] / Н. В. Черницына, Н. Д. Нененко, Р. В. Кучин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – № 4 (33). – С. 133–139.
3. Разработка приемов раннего предупреждения структурно-функциональных изменений костной ткани у женщин, проживающих в условиях ХМАО-Югры [Текст] / Р. В. Кучин [и др.] – Ханты-Мансийск. – 2016. – 189 с.
4. Дегтярева, О. Н. Адаптация и устойчивость к стресс-факторам [Текст] / О.Н. Дегтярева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5. – С. 128–131.
5. Исаев, А. П. Стратегии формирования адаптационных реакций у спортсменов. Основы теории адаптации и закономерности ее формирования в спорте высоких и высших достижений [Текст] / А. П. Исаев, В. В. Рыбаков, В. В. Эрлих [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета, Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2012. – № 31. – С. 46–56.
6. Панов, С. Ф. Желудочная секреция у спортсменов-борцов подросткового и юношеского возраста: монография [Текст] / С. Ф. Панов, А. А. Батраков. – Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2010. – 117 с.
7. Коротько, Г. Ф. Рециркуляция ферментов пищеварительных желез [Текст] / Г. Ф. Коротько // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2011. – Т. 21, № 4. – С. 14–21.
8. Функциональная активность пищеварительных ферментов при патологии желудочно-кишечного тракта с нарушением микробиоценоза кишечника [Текст] / Н. Ф. Камакин, И. А. Частоедова, М. С. Григорович, Л. А. Лопатина // Вопросы питания: научно-практический журнал. – 2012. – Т. 81, № 4. – С. 53–57.
9. Коротько, Г. Ф. Протеолиз в регуляции функций системы пищеварения [Текст] / Г. Ф. Коротько // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2013. – № 10. – С. 23–27.
10. Частоедова, И. А. Гомеостаз пепсиногена, амилазы и щелочной фосфатазы у детей с зубиозом и дисбактериозом [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / И. А. Частоедова. – Архангельск, 2001. – 18 с.
11. Колодкина, Е. В. Питание и пищеварение в системе мать-плод-новорожденный [Текст] / Е. В. Колодкина, Н. Ф. Камакин // Вопросы детской диетологии. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 9–11.
12. Коротько, Г. Ф. Сигнальная и модулирующая роль ферментов пищеварительных желез [Текст] / Г. Ф. Коротько // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2011. – № 2. – С. 4–13.
13. Рослый, И. М. Ферментемия – адаптивный механизм или маркер цитолиза? [Текст] / И. М. Рослый, С. В. Абрамов, В. И. Покровский // Вестник РАМН. – 2002. – № 8. – С. 3–9.

14. Лакин, Г. Ф. Биометрия [Текст] / Г. Ф. Лакин. – Москва : Высш. шк., 1990. – 352 с.

15. Денисов, А. Б. Слюна и слюнные железы [Текст] / А. Б. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : РАМН. – 2009. – 472 с.

16. Губергриц, Н. Б. Метаболическая панкреатология [Текст] / Н. Б. Губергриц, А. Н. Казюлин. – Донецк : Лебедь, 2011. – 404 с.

17. Новикова, В. П. Этиопатогенетические и клинко-морфологические особенности хронического гастрита в разном возрасте [Текст] : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В. П. Новикова. – Санкт-Петербург, 2009. – 48 с.

18. Удачина, Э. И. Оценка морфофункционального состояния слизистой оболочки желудка и активности иммуноглобулин-расщепляющих ферментов фекалий у детей с гастродуоденальной патологией [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Э. И. Удачина. – Казань, 2010. – 23 с.

19. Корсунский, А. А. Хеликобактериоз и болезни органов пищеварения у детей [Текст] / А. А. Корсунский, П. Л. Щербаков, В. А. Исаков. – Москва : Медпрактика, 2002. – 168 с.