

# ЭНДОКРИННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

**А.В. Грязных, Н.В. Сажина**

*Курганский государственный университет, г. Курган*

**Проанализирована функциональная связь внешней секреции поджелудочной железы в условиях 2-часового восстановления после действия физической нагрузки с изменениями катаболических и анаболических гормонов в сыворотке крови.**

*Ключевые слова: панкреатическая секреция, динамика восстановления, гормональные механизмы регуляции, адаптированность к физической нагрузке.*

Двигательная активность и спорт являются неотъемлемой частью современной жизни человека. Однако необходимо учитывать, что при неправильных подходах к использованию двигательной активности она может также оказывать негативное воздействие. В этом случае спортивная деятельность превращается в экстремальный фактор, требующий мобилизации функциональных резервов и компенсаторно-приспособительных механизмов. В настоящее время система подготовки в спорте, особенно спорте высших достижений, характеризуется исключительно высокими тренировочными и соревновательными нагрузками. Вполне естественно, что это является мощнейшим фактором мобилизации функциональных резервов организма, стимуляции интенсивных адаптационных процессов. Существенное увеличение объема и мощности физических нагрузок в современном спорте привело к значительному возрастанию энергозатрат организма. Выявление особенностей метаболизма в процессе ассимиляции нутриентов на клеточном и субклеточном уровне дало возможность определить потребности спортсмена в отдельных компонентах пищевого рациона, установить их оптимальные соотношения, необходимые для увеличения физической работоспособности, ускорения процессов адаптации к нагрузкам, активизации процессов восстановления организма [3, 6]. Раскрытие механизмов гормональной регуляции при восстановлении функциональной активности пищеварительной системы и прежде всего ее гастродуоденального отдела при гиперкинезии позволит в значительной мере влиять как на сам процесс последствия, так и на его временные параметры [2, 10].

**Материалы и методы исследований.** В исследовании приняли участие мужчины в возрасте от 18 до 22 лет. По условиям работы все обследуемые разделены на три группы. Контрольную группу ( $n = 8$ ) составили лица, не занимающиеся спортом, во вторую группу ( $n = 8$ ) вошли спортсмены-борцы, имеющие квалификацию «кандидат

в мастера» и «мастер спорта», в третью группу ( $n = 8$ ) – спортсмены-лыжники высокой квалификации. Методом фракционного гастродуоденального зондирования определяли объем и pH дуоденального содержимого, концентрацию и валовое выделение бикарбонатов, липазы, амилазы, протектитическую активность секрета [4, 11]. Исследовали внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы в условиях базальной секреции и стимулированной 0,5 % раствором соляной кислоты в объеме 30 мл. В качестве модели острого мышечного напряжения предлагалась 60-минутная велоэргометрическая нагрузка на уровне 60–70 % от уровня МПК. Для изучения динамики восстановления изучаемых показателей исследование проводилось в четыре этапа. На первом этапе предполагалось изучение показателей в состоянии покоя (фоновые данные), на втором этапе изучались показатели сразу после нагрузки, на третьем этапе – через 1 час отдыха после нагрузки, на четвертом этапе – после 2 часов отдыха по окончании нагрузки. Методом иммуноферментного анализа в сыворотке крови определяли содержание адренокортикотропного гормона, инсулина, кортизола. Содержание указанных гормонов определяли в сыворотке крови натощак и через 15 минут после введения стимулятора панкреатической секреции. Все исследования проводились при наличии письменного согласия обследуемых и с учетом биоэтических норм. Статистический анализ проводили с использованием  $t$ -критерия Стьюдента. Для сравнения переменных в каждой обследуемой группе по отношению к фоновым данным применяли парные критерии. Взаимосвязь параметров оценивали путем расчета коэффициента корреляции ( $r$ ) Пирсона при уровне безошибочного прогноза более 95 % ( $p < 0,05$ ).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ полученных данных показал отсутствие различий в содержании инсулина в состоянии покоя между группами обследуемых. Концентрация адренокортикотропного гормона и кортизола

была значимо выше ( $p < 0,05$ ) у спортсменов. В отношении индекса кортизол/инсулин обнаружено его значимое превышение у спортсменов по отношению к обследуемым контрольной группы.

Мышечная нагрузка субмаксимальной мощности, выполняемая на уровне 65–75 % от максимального потребления кислорода, вызвала существенное повышение у спортсменов, тренирующихся преимущественно в аэробном режиме (лыжников), практически всех показателей, характеризующих выделение жидкой части панкреатического секрета, активность бикарбонатов, ферментовыведение липазы, амилазы, протеолитическую активность как в условиях базальной, так и стимулированной секреции. У обследуемых контрольной группы происходило снижение объема панкреатического секрета, индекса бикарбоната/соляная кислота, валового выделения липазы и суммарной протеолитической активности в условиях стимулированной секреции, в то время как концентрация амилазы и ее дебит-час в условиях стимулированной секреции и протеолитической активности в условиях базальной секреции существенно превышали таковые в состоянии покоя. Для борцов характерно увеличение концентрации липазы и амилазы при стимуляции и снижение жидкой части секрета, активности бикарбонатов в условиях базальной секреции.

Анализ гормонального фона у обследуемых с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности в условиях действия субмаксимальной мышечной нагрузки выявил специфические особенности. Исследования ряда авторов позволили установить, что реакция на нагрузку не изменяется одновременно и в одинаковой мере в зависимости от концентрации разных гормонов в крови [1, 8, 9].

Действие 60-минутной физической нагрузки привело к существенному ( $p < 0,05$ ) снижению содержания инсулина в сыворотке крови у всех групп обследуемых (см. таблицу).

В большей степени это было характерно для

обследуемых контрольной группы и борцов. Снижение инсулина натошак и в условиях стимуляции панкреатической секреции раствором соляной кислоты происходило у неспортсменов до  $44 \pm 8,1$  % ( $p < 0,01$ ) и  $67 \pm 11,8$  % ( $p < 0,05$ ) соответственно, у борцов – до  $55 \pm 8,91$  % ( $p < 0,01$ ) и  $46 \pm 10,39$  % ( $p < 0,01$ ). В то же время у лыжников снижение содержания данного гормона установлено лишь натошак.

На сегодняшний день нет однозначных мнений о влиянии адренокортикотропного гормона и кортизола на внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы. Исследователи, изучая реакцию системы гипоталамус – гипофиз – надпочечники на действие физических нагрузок, отмечают разнонаправленность изменений содержания гормонов этой системы [5, 7, 13, 14].

При действии субмаксимальной нагрузки установлено более высокое ( $p < 0,05$ ) содержание адренокортикотропина у спортсменов. В отношении кортизола более высокие показатели (по отношению к другим группам обследуемых) характерны только для спортсменов-лыжников. У обследуемых после действия мышечного напряжения по отношению к данным фона отмечаются однонаправленные изменения содержания гормонов АКТГ – кортизол. Для всех групп обследуемых установлена тенденция к снижению концентрации как адренокортикотропного гормона, так и кортизола натошак. В условиях стимуляции поджелудочной железы отмечается увеличение содержания этих гормонов у обследуемых. Причем значимым ( $p < 0,05$ ) увеличение содержания кортизола в крови было только у лиц контрольной группы.

Обобщая данные по влиянию мышечного напряжения на эндокринные механизмы регуляции внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы, можно заключить, что в условиях действия достаточно интенсивной физической нагрузки снижается продукция инсулина, утилизирующего глюкозу из крови, усиливается тенденция к падению содержания гормонов с выраженной катабо-

**Влияние субмаксимальной физической нагрузки на содержание эндогенных гормонов в сыворотке крови у обследуемых контрольной группы и спортсменов разных специализаций ( $M \pm m$ ) ( $n = 24$ )**

	Контрольная группа		Борцы		Лыжники	
	Т	С	Т	С	Т	С
АКТГ (пг/мл)	$22,6 \pm 1,1$	$24,5 \pm 1,6$	$32,5 \pm 3,3^*$	$33,2 \pm 3,2^*$	$29,3 \pm 2,5^*$	$33,2 \pm 1,9^{**}$
Кортизол (нг/мл)	$200 \pm 13,9$	$163 \pm 5,1$	$199 \pm 15,2$	$151 \pm 7,1$	$193 \pm 11,4$	$236 \pm 20,1^{**}$
Инсулин (мкЕд/мл)	$6,4 \pm 0,5$	$6,8 \pm 0,8$	$6,2 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,5$	$7,3 \pm 0,7$	$6,6 \pm 0,6$
Кортизол/Инсулин	$34,5 \pm 6,6$	$26,1 \pm 2,8$	$33,2 \pm 3,5$	$31,5 \pm 3,7$	$27,4 \pm 2,3$	$36,4 \pm 1,6^{**}$

\*различия достоверны по отношению к контрольной группе ( $p < 0,05$ ); \*\*( $p < 0,01$ ).

лической направленностью. При этом отмечается то, что индекс кортизол/инсулин остается достаточно высоким.

Динамика восстановления показателей внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы у обследуемых с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности показала, что в условиях часового восстановительного периода максимальный объем секрета, индекс бикарбонаты/соляная кислота, а также валовое выделение амилазы в условиях стимулированной раствором соляной кислоты панкреатической секреции выявлены у спортсменов, развивающих скоростно-силовые качества. Тогда как у спортсменов, развивающих качество выносливости, установлено большее значение активности бикарбонатов в условиях стимулированной секреции. Через 2 часа отдыха у лыжников отмечается максимальное значение протеолитической активности.

Анализ динамики восстановления показателей внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы у испытуемых показал, что двухчасовой период последствий нагрузки не обеспечил восстановления показателя индекса бикарбонаты/соляная кислота, а также протеолитической активности у обследуемых контрольной группы. Для спортсменов-лыжников характерно превышение показателей, характеризующих выделение жидкой части секрета, валового выделения бикарбонатов, индекса бикарбонаты/соляная кислота, а также ферментов липазы, амилазы, протеолитической активности в условиях стимулированной панкреатической секреции относительно фоновых значений. В определенной мере данное положение о полном восстановлении исследуемых показателей характерно и для борцов.

Основные закономерности биохимической респитуции в период отдыха установлены Н.Я. Яковлевым [12]. На основе его исследований был сформулирован принцип гетерохронности восстановления и суперкомпенсации содержания различных биохимических ингредиентов.

Нами выявлено однонаправленное изменение инсулина и адренокортикотропного гормона, содержание которых в течение исследуемого периода достоверно ( $p < 0,01$ ) уменьшалось у обследуемых всех групп (см. рисунок).

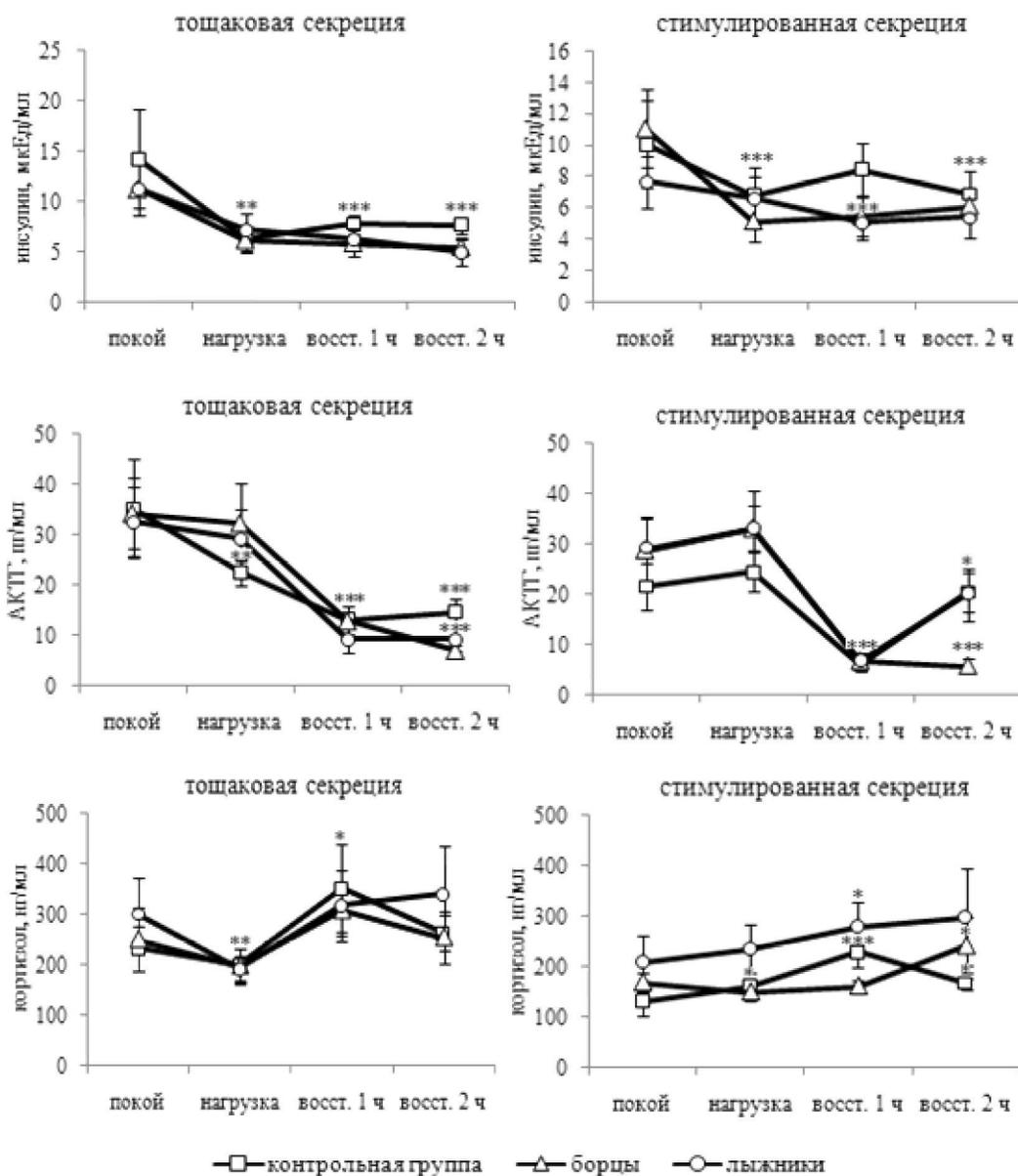
Причем отмечается факт снижения этих гормонов как натощак, так и при стимуляции поджелудочной железы раствором соляной кислоты. Наряду со снижением концентрации АКТГ в условиях восстановительного периода обнаружено существенное увеличение ( $p < 0,05$ ) концентрации кортизола у обследуемых контрольной группы. Если через 1 час отдыха увеличение достигало  $151 \pm 10,71$  % натощак и  $175 \pm 5,9$  % в условиях стимуляции и было максимальным за весь период исследования, то через два часа превышение фоновых данных (и показателей, полученных сразу

после действия мышечной нагрузки) составило  $113 \pm 5,7$  % и  $127 \pm 2,3$  % соответственно. Для спортсменов также характерно увеличение концентрации кортизола в восстановительном периоде, но только в условиях стимулированной секреции. Для борцов установлено достоверное увеличение содержания кортизола в сыворотке крови после двух часов отдыха, для лыжников – после часового периода восстановления. По мнению Л.Е. Панина [9], показатель кортизол/инсулин является наиболее объективным критерием активности развивающихся в организме компенсаторных процессов. После действия нагрузки коэффициент кортизол/инсулин продолжал превышать исходные величины, причем превышение у обследуемых всех групп было достаточно существенным ( $p < 0,01$ ).

**Заключение.** Обобщая полученные данные о динамике изменений внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы и сопряженных с ней гормональных сдвигах после действия мышечной нагрузки у лиц с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности, можно отметить в состоянии покоя значимо низкие (по сравнению с обследуемыми контрольной группы) показатели, характеризующие выделение жидкой части секрета, валовое выделение бикарбонатов и липазы у спортсменов. Наряду с этим у спортсменов в сыворотке крови через 15 минут после введения стимулятора обнаружено существенно большая (по отношению к контрольной группе) концентрация катаболических гормонов: АКТГ и кортизола.

Мышечная нагрузка оказала существенное и разнонаправленное влияние на внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы. В целом отмечается ингибирующее влияние нагрузки на содержание гормонов катаболического ряда у обследуемых натощак и стимулирующее влияние на концентрацию АКТГ и кортизол при введении стимулятора панкреатической секреции. При этом концентрация инсулина в крови значимо снижалась. Данные гормональные изменения соотносятся с существенным усилением внешнесекреторной активности поджелудочной железы у лыжников. В целом же отмечается усиление ферментовыделения липазы и амилазы у борцов и амилазы у контрольной группы. При этом у обследуемых контрольной группы выделение жидкой части панкреатического секрета, индекс бикарбонаты/соляная кислота и выделение липазы в отношении фоновых показателей оказываются значимо меньшими.

В условиях восстановления отмечаются общие для всех групп обследуемых гормональные реакции. Это прежде всего сниженная ( $p < 0,01$ ) концентрация инсулина и АКТГ в крови при повышенном содержании кортизола. В отношении интегративного показателя (индекса напряжения кортизол/инсулин) установлено его преобладание в условиях восстановления, что указывает на



Динамика восстановления концентрации исследуемых гормонов  
у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом:

\* – различия достоверны по отношению к аналогичным данным  
физиологического покоя ( $p < 0,05$ ); \*\* – ( $p < 0,01$ ); \*\*\* – ( $p < 0,001$ )

существенность оказанной нагрузки на организм и неспособность в какой-то мере восстановиться после нее через 2 часа отдыха, а также на низкую выраженность анаболических реакций на фоне сниженного содержания инсулина. Полученные данные по определению степени напряжения функциональных систем организма в условиях нагрузки и после нее свидетельствуют о том, что при учете коэффициента кортизол/инсулин у обследуемых адаптационные возможности организма оказались достаточно высокими, что говорит о развивающихся в организме компенсаторных процессах [9]. Оценка при этом показателей, характеризующих внешнесекреторную функцию поджелудочной железы, показала существенное усиление

в условиях восстановления выделения жидкой части панкреатического секрета, бикарбонатной активности, содержания и валового выделения ферментов у лыжников. У обследуемых контрольной группы отмечается недовосстановление бикарбонатной активности и протеолитической активности панкреатического секрета.

*Исследование проведено в рамках реализации аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы на 2011–2013 г.» № 1.2.11.*

#### Литература

1. Байкова, С.К. Влияние физических нагрузок аэробной направленности на величину проницае-

мости плазматических мембран мышечных клеток крыс для тестостерона и кортикостерона: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.К. Байкова. – СПб., 2000. – 27 с.

2. Виру, А.А. Гормоны и спортивная работоспособность / А.А. Виру, П.К. Кырге. – М., 1983. – 159 с.

3. Коротько, Г.Ф. Пищеварение – естественная технология / Г.Ф. Коротько. – Краснодар: Эдви, 2010. – 304 с.

4. Коротько, Г.Ф. Регуляция экзокреции поджелудочной железы / Г.Ф. Коротько // Успехи физиол. наук. – 2009. – Т. 40, № 1. – С. 27–43.

5. Косарева, О.О. Влияние физической нагрузки на связывание глюкокортикоидов в цитозоле жировой ткани / О.О. Косарева, В.А. Rogozkin // Рос. физиол. журн. – 2000. – Т. 86, № 12. – С. 1681–1686.

6. Кузнецов, А.П. Ферментативные взаимоотношения пищеварительных желез при действии мышечного и эмоционального напряжения / А.П. Кузнецов, Л.Н. Смелышева, Н.В. Сажина // Вестн. Курган. гос. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 29–36.

7. Кузнецов, А.П. Желудочно-кишечный тракт и стресс / А.П. Кузнецов, А.В. Речкалов, Л.Н. Смелышева. – Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2004. – 254 с.

8. Мазуров, В.И. Гормональные механизмы

регуляции процессов адаптации человека к экстремальным воздействиям внешней среды / В.И. Мазуров // Мед. академ. журн. – 2008. – Т. 8, № 1. – С. 29–39.

9. Панин, Л.Е. Биохимические механизмы стресса / Л.Е. Панин. – Новосибирск: Наука, 1983. – 290 с.

10. Тигранян, Р.А. Гормонально-метаболический статус организма при экстремальных воздействиях / Р.А. Тигранян. – М.: Наука, 1990. – 288 с.

11. Шамычкова, А.А. Косвенные методы исследования экзокринной функции поджелудочной железы / А.А. Шамычкова, Е.В. Никушкин // Клин. лаб. диагностика. – 2006. – № 6. – С. 47–50.

12. Яковлев, Н.Н. Биохимическая основа утомления и его значение в спорте и практике / Н.Н. Яковлев // Теория и практика физической культуры. – 1978. – № 7. – С. 19–21.

13. Profile, mean residence time of ACTH and cortisol responses after low and standard ACTH tests in healthy volunteers / P. Alia, C. Villabona, O. Giménez et al. // Clin. Endocrinol. – 2006. – Vol. 65, № 3. – P. 346–351.

14. Vega, S.R. Acute cortisol response to low-intensity physical activity and the subsequent increasing physical activity to rise to exhaustion in humans / S.R. Vega, B.V. Wahrmann // Brain Res. – 2006. – Vol. 1121, № 1. – P. 59–65.

**Поступила в редакцию 24 апреля 2011 г.**