

УДК 577.124.22

**ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА  
У СТУДЕНТОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ  
ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**

*Л.А. Ганеева, В.С. Скрипова, Л.В. Касатова,  
Р.М. Набиуллина, З.И. Абрамова*

**Аннотация**

Проведены исследования основных показателей энергетического обмена – молочной кислоты и лактатдегидрогеназы – в группе студентов-легкоатлетов. Протестированы два типа фильтров (целлюлозные и нитроцеллюлозные SynPOR) для исследования молочной кислоты. Получены результаты по содержанию молочной кислоты в потовых выделениях и определена активность лактатдегидрогеназы в сыворотке крови у студентов-легкоатлетов. Показано, что использование целлюлозных фильтров для исследования молочной кислоты предпочтительнее нитроцеллюлозных фильтров SynPOR. Установлено, что показатели активности лактатдегидрогеназы в сыворотке крови у студентов, занимающихся легкой атлетикой, в ответ на продолжительную физическую нагрузку выше, чем в контрольной группе. Результаты этого исследования могут быть использованы для биохимического тестирования спортсменов, а также людей, которые не имеют систематических физических нагрузок.

**Ключевые слова:** молочная кислота, лактатдегидрогеназа, спорт, секрет потовых желез, фильтры, анаэробный гликолиз.

---

**Введение**

Известно, что напряженная мышечная деятельность сопровождается значительными метаболическими и гематологическими изменениями. Длительное функционирование организма в подобных условиях может явиться причиной истощения его функциональных резервов, выраженного в состояниях физического перенапряжения и перетренированности [1].

Биохимический скрининг занимает одно из ведущих мест в общем комплексе обследований и контроля за состоянием организма и уровнем тренированности спортсменов. Биохимические показатели позволяют уже на ранней стадии диагностировать признаки переутомления под воздействием физических нагрузок и с учетом этих показателей вносить коррективы в тренировочный процесс [2].

С этих позиций актуальным является изучение регуляторов анаэробного механизма энергообеспечения организма – молочной кислоты (L-лактата) и активности фермента лактатдегидрогеназы (ЛДГ).

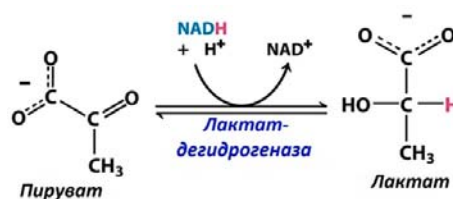


Рис. 1. Реакция образования молочной кислоты (по [3])

L-Лактат является продуктом анаэробного гликолиза, который образуется из пирувата под действием лактатдегидрогеназы (рис. 1). Являясь конечным продуктом тканевого обмена глюкозы, он содержится в крови, слюне, моче и кожном экскрете и входит в число наиболее важных для анализа веществ. Молочная кислота венозной крови является ценным диагностическим тестом для оценки шока и гипоксии, а в спортивной биохимии данные о содержании молочной кислоты отражают способности спортсмена переносить физические нагрузки [4–6].

Фермент лактатдегидрогеназа катализирует реакцию превращения пирувата в лактат (рис. 1) и является важным биохимическим показателем в спортивной диагностике. Уровень его активности определяет готовность *анаэробной* системы энергообеспечения организма спортсмена к высокой физической нагрузке [7].

В настоящее время в спортивной практике все чаще применяются различные биохимические методы оценки тренированности спортсменов. Биохимические исследования либо проводятся самостоятельно, либо входят в комплексный медико-биологический контроль подготовки спортсменов высокой квалификации. Объектами биохимических исследований обычно являются кровь, моча, выдыхаемый воздух, реже пот и слюна. Однако в последние годы в связи с угрозой заражения СПИДом исследования крови необходимо проводить с соблюдением всех предусмотренных мер защиты, что при рутинном контроле в процессе тренировки порой затруднительно. Поэтому большое внимание исследователей уделяется поиску неинвазивных методов анализа физиологически важных веществ. Наряду с высокой доступностью такие методы должны обладать достаточными уровнями чувствительности и избирательности. Поэтому тренеры и врачи обратили внимание на пот.

Потоотделение (гипергидроз) – важнейшее физиологическое явление. Избыточное потоотделение при потере до 2% массы тела является компенсированным, при 2.5–3.3% отмечается «перелом» кривых функциональных показателей, проявляющийся в значительном и быстром снижении показателей гемодинамики, а при потере более 5% массы тела наступает тепловой удар. В спортивной практике известны случаи потери за счет гипергидроза до 10% массы тела [3].

Степень испарения зависит от влажности воздуха, площади тела, пола спортсмена. В частности, у спортсменов более высокой весовой категории тепловая нагрузка на испарение выше; женщины и бронеоты традиционно переносят тепловую нагрузку лучше. Важно помнить, что «пот рекой» минимизирует теплоотдачу испарением. При избыточной тепловой нагрузке организм, с одной стороны, пытается за счёт мобилизации кожного кровообращения увеличить

теплоотдачу, а с другой – работающие мышцы требуют ещё большего усиления гемодинамики, то есть идет борьба за кровь между ядром и оболочкой тела – «кожа и мышцы соревнуются за кровь». Уменьшение объёма плазмы крови приводит к снижению буферных свойств крови, накоплению метаболитов в мышцах и ЦНС и, как результат, к развитию перенапряжения опорно-двигательного аппарата и перетренированности.

На практике, вследствие недостатка информации о зависимости изменений биохимического состава и свойств пота от характера нагрузок и уровня тренированности, исследование пота проводится редко. Обычно необходимое для анализа его количество собирают с помощью хлопчатобумажного белья или полотенца, которое замачивают в дистиллированной воде для извлечения различных компонентов пота. Экстракт выпаривают в вакууме и подвергают анализу.

Исследование потовых выделений, например как субстрата для определения уровня молочной кислоты, является удобным и экономическим объектом биохимических показателей [7].

В связи с этим целью настоящей работы явилось определение количества молочной кислоты у студентов-легкоатлетов в потовых выделениях, оценка возможности использования целлюлозных и нитроцеллюлозных фильтров для сбора потовых выделений, а также определение активности лактатдегидрогеназы в сыворотке крови.

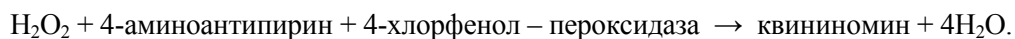
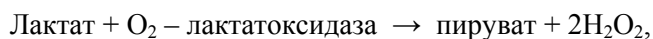
## 1. Материалы и методы

В эксперименте приняли участие студенты, занимающиеся легкой атлетикой, в возрасте 20–24 лет. Контрольную группу составили добровольцы-юноши и девушки того же возраста, которые не занимаются профессионально спортом.

Участникам была предложена продолжительная нагрузка в виде 30-минутного бега.

Для сбора потовых выделений мы использовали 2 типа фильтров: целлюлозные (бумажные) и нитроцеллюлозные (мембранные) фильтры SynPOR. Фильтры размером 2×2 см фиксировались в районе подмышечной впадины. Каждому участнику наклеивалось по 4 фильтра: 2 целлюлозных и 2 нитроцеллюлозных. После физической нагрузки фильтры собирали и элюировали потовые выделения в 1 мл дистиллированной воды. От остатков фильтров избавлялись с помощью центрифугирования при 10000 об/мин в течение 30 с.

Концентрацию молочной кислоты в потовом элюате определяли при помощи энзиматического колориметрического метода согласно следующим реакциям:



Концентрация квининомина (полученного продукта в ходе реакции), определяемая спектрофотометрически при  $\lambda$  500 нм, прямо пропорциональна концентрации молочной кислоты в исследуемом образце.

Для определения концентрации L-лактата использовали тест-систему фирмы «Абрис+» (г. Санкт-Петербург). Измерения проводили на спектрофотометре SH Shimadzu UV-1800.

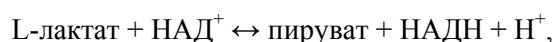
Концентрацию L-лактата рассчитывали по формуле

$$C_{\text{L-лактата}} = 3.34 \cdot A_{\text{пробы}} / A_{\text{стандарт}} \text{ (ммоль/л)},$$

где  $A$  – показания спектрофотометра при длине волны 500 нм, калибратор – 3.34 ммоль/л.

Активность лактатдегидрогеназы определяли в сыворотке крови после 30-минутного бега. Кровь забирали из безымянного пальца в стерильные пробирки-эппендорфы. Для получения сыворотки образцы крови выдерживали 30 мин при 37 °С, затем центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин.

Для исследования активности лактатдегидрогеназы использовали тест-систему фирмы «Абрис+». Лактатдегидрогеназа (L-лактат: НАД-оксидоредуктаза, КФ 1.1.1.27) относится к числу наиболее активных ферментов, осуществляющих окислительно-восстановительные превращения. Она катализирует реакцию



где НАДН – восстановленная форма кофермента никотинамидадениндинуклеотида (НАД).

Активность ЛДГ оценивали по скорости окисления НАДН, которое регистрируется спектрофотометрически по убыли величины оптической плотности: через 1 мин измеряется исходная величина экстинции при длине волны 340 нм против воздуха. Повторяются измерения точно через 1, 2 и 3 мин. Вычисляется среднее изменение экстинции за 1 мин ( $\Delta E$ ). Измерения проводили на спектрофотометре SH Shimadzu UV-1800.

Расчет активности ЛДГ проводили по формуле

$$X = 16030 \cdot \Delta E,$$

где  $X$  – активность фермента, МЕ/л,  $\Delta E$  – среднее значение изменений оптической плотности пробы при длине волны 340 нм за 1 мин; 16030 – фактор для длины волны 340 нм.

## 2. Результаты и их обсуждение

Одно из ведущих мест в общем комплексе обследований и контроля за состоянием и тренированностью спортсменов занимают биохимические методы. Биохимические показатели, определяемые в динамике, позволяют следить за течением заболевания, за эффективностью проводимых реабилитационных и профилактических мероприятий, изучать направленность обменных процессов путем определения специфических промежуточных продуктов обмена в крови, моче и других средах [8].

С этих позиций актуальным является изучение показателей анаэробного лактатного механизма энергообеспечения организма – содержания молочной кислоты и активности ЛДГ. Данные о концентрации лактата в крови необходимы при мониторинге нехватки кислорода в спортивной физиологии. В спортивной физиологии уровень лактата отражает способность спортсмена переносить физические нагрузки, а его динамика свидетельствует об улучшении или ухудшении физической подготовки [4–6].

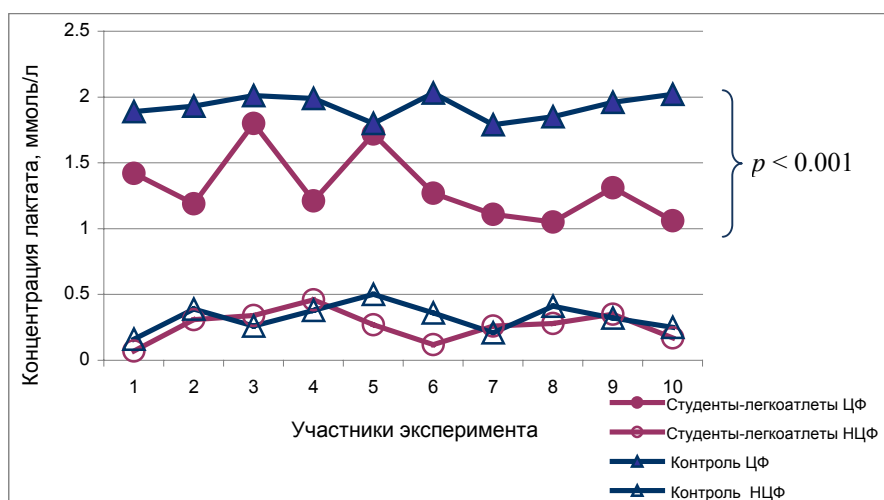


Рис. 2. Влияние фильтра (целлюлозного [ЦФ]/нитроцеллюлозного [НЦФ]) на абсорбцию потовых выделений

Общепринятой практикой исследования молочной кислоты является ее определение в крови. В настоящее время в клинической и спортивной практике используют два подхода к определению концентрации молочной кислоты в крови: электрохимический и спектрофотометрический. Однако необходимый в обоих случаях анализ венозной и капиллярной крови трудоемок, требует привлечения квалифицированного медицинского персонала и соблюдения жестких санитарно-гигиенических норм, а также доставляет немало трудностей в согласовании этических вопросов по забору крови. Упростить процедуру анализа возможно при использовании легкодоступных биологических жидкостей, например пота. Вместе с водой потовые железы выделяют разные продукты обмена веществ: мочевину, некоторые соли, мочевую кислоту и молочную кислоту. Следовательно, использование пота как субстрата, где возможно определение молочной кислоты, является удобным и экономичным методом [9].

Данные по количеству молочной кислоты в образцах, извлеченных из потовых выделений, представлены на рис. 2.

Для сбора потовых выделений использовали два типа фильтров: целлюлозные и нитроцеллюлозные. Использование целлюлозного фильтра позволило получить достаточное для эксперимента количество материала при определении концентрации молочной кислоты. В среднем для контрольной группы концентрация молочной кислоты составила  $1.93 \pm 0.09$  ммоль/л, для опытной группы –  $1.31 \pm 0.26$  ммоль/л.

Полученные значения по количеству молочной кислоты, извлеченной из нитроцеллюлозных фильтров, были значительно ниже, чем данные по целлюлозным фильтрам. В среднем концентрация молочной кислоты составила  $0.32 \pm 0.10$  и  $0.26 \pm 0.12$  ммоль/л для контрольной и опытной групп соответственно.

Это можно объяснить тем, что нитроцеллюлозные фильтры обладают меньшей сорбционной способностью, чем целлюлозные. Нитроцеллюлоза, в отличие от целлюлозы, не набухает в воде. Значительные величины набухания (60–130%)

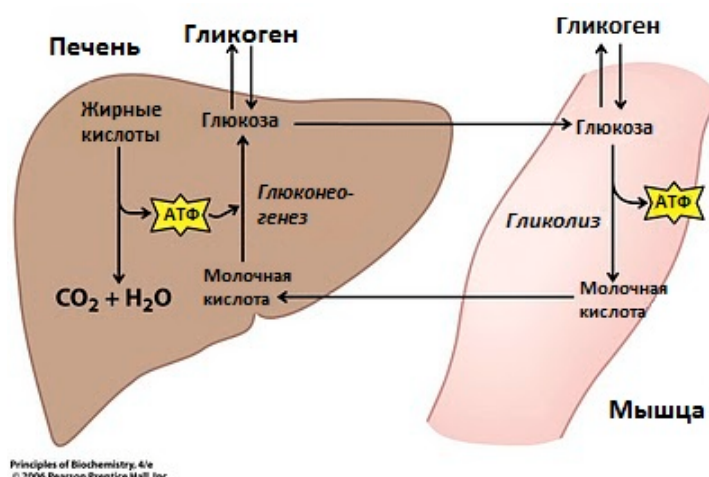


Рис. 3. Цикл Кори (по [12])

и сорбции (8–14%) целлюлозных фильтров обусловлены наличием гидроксильных групп в целлюлозе и ее физической структурой [10]. Таким образом, нитроцеллюлозные фильтры не обладают высокой способностью удерживать воду, а вместе с ней и растворенные в ней вещества, в частности молочную кислоту. Кроме того, следует учитывать, что диаметр молекулы молочной кислоты равен 0.54 нм [11]. В свою очередь, диаметр пор в целлюлозном фильтре составляет 1–3 нм. Диаметр пор в нитроцеллюлозном фильтре на два порядка больше и равен 230 нм. Это также может быть причиной потери части исследуемого материала и, как следствие, молочной кислоты на его поверхности.

Статистический анализ с применением непараметрического критерия Манна – Уитни показал, что целлюлозные фильтры позволяют замечать значимые различия в показаниях двух групп ( $p < 0.001$ ) и могут быть использованы в качестве чувствительного экспресс-теста. При анализе данных, полученных с использованием нитроцеллюлозных фильтров, тот же критерий с вероятностью 99.9% не выявил значимых различий между исследуемыми группами.

Таким образом, в условиях мобильной лаборатории при экспресс-анализах использование целлюлозных фильтров является удобным средством для сбора потовых выделений и определения молочной кислоты для оценки физической подготовки и возможностей организма.

Другим показателем состояния анаэробной системы спортсмена является уровень активности лактатдегидрогеназы, которая катализирует реакцию восстановления пирувата до молочной кислоты (рис. 1) и служит важным биохимическим параметром в спортивной диагностике. Уровень его активности определяет готовность *анаэробной* системы энергообеспечения организма спортсмена к высокой физической нагрузке. При острых нагрузочных реакциях отмечается повышение уровня активности ЛДГ в сыворотке крови. Это согласуется с общеизвестным фактом, что во время интенсивной работы мышц максимально активируется анаэробный гликолиз, а образовавшаяся при этом молочная кислота диффундирует в кровь и поступает в печень, где конвертируется в глюкозу (рис. 3). Образование молочной кислоты временно заменяет аэробный

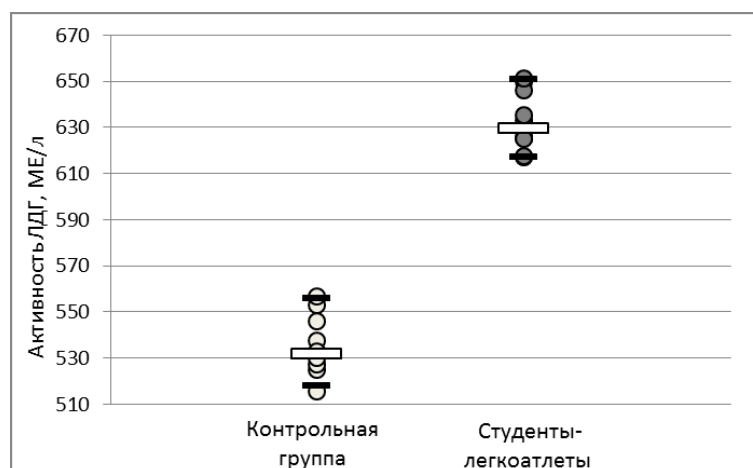


Рис. 4. Активность ЛДГ в сыворотке крови испытуемых после физической нагрузки. Данные представлены как 95%-ный доверительный интервал. Показаны медианы 2.5-й (≡) и 97.5-й (—) перцентилей для контрольной и опытной выборок

метаболизм глюкозы в скелетной мускулатуре. Следовательно, увеличение активности ЛДГ в ответ на повышение концентрации молочной кислоты в сыворотке крови укладывается в рамки физиологической и биохимической адаптации организма [1, 13].

Существует связь между уровнем активности ЛДГ и работоспособностью организма [7]. Данные по активности фермента ЛДГ в образцах представлены на рис. 4. Результаты анализа по критерия Манна – Уитни свидетельствуют о том, что в группе студентов-легкоатлетов активность ЛДГ после нагрузки была достоверно выше ( $p < 0.001$ ), чем в контрольной группе.

Это говорит о том, что в процессе тренировки в организме спортсмена происходит увеличение содержания ферментов, необходимых для повышения энергообразования. Спортсмены, занимающиеся скоростными видами спорта, при которых основным механизмом получения энергии является анаэробный гликолиз, имеют большую емкость запаса ЛДГ для работы в привычном режиме [1, 13].

### Заключение

Итак, поиск неинвазивных методов, обладающих высокой доступностью и чувствительностью, важен для быстрого анализа биохимических изменений, происходящих во время физических нагрузок. Использование для анализа легкодоступных биологических жидкостей, таких как пот, позволит избежать трудностей, которые возникают при заборе крови.

Нами показано, что применение целлюлозных фильтров для сбора пота с последующим определением экскретируемых метаболитов (в частности, молочной кислоты) является простым и удобным способом в условиях мобильной лаборатории.

Как известно, уровень тренированности в практике биохимического контроля за функциональным состоянием спортсмена оценивается по изменению концентрации молочной кислоты в крови при выполнении стандартной либо предельной физической нагрузки. О более высоком уровне тренированности

свидетельствует меньшее накопление молочной кислоты (по сравнению с нетренированными) при выполнении стандартной нагрузки, что связано с увеличением доли аэробных механизмов в энергообеспечении этой работы. Уровень содержания молочной кислоты в потовых выделениях, экстрагируемых из целлюлозных фильтров, это подтвердил на примере студентов-легкоатлетов (рис. 2).

Для характеристики гликолитического механизма энергообразования часто используют уровень активности ферментов лактатдегидрогеназы, фосфоорилазы и др. О повышении возможностей гликолитического (лактатного) энергообразования у спортсменов свидетельствует более высокий уровень молочной кислоты при максимальных нагрузках. У высоко квалифицированных спортсменов, специализирующихся в скоростных видах спорта, количество молочной кислоты в крови при интенсивных физических нагрузках может возрасти до 26 ммоль/л и более, тогда как у нетренированных людей максимально переносимое количество молочной кислоты составляет 5–6 ммоль/л, а 10 ммоль/л может привести к летальному исходу при функциональной норме 1–1.5 ммоль/л.

Увеличение емкости гликолиза сопровождается увеличением запасов гликогена в скелетных мышцах, особенно в быстрых волокнах, а также повышением активности гликолитических ферментов, что и было показано (рис. 4).

Таким образом, неинвазивный способ получения биологического материала (пота) для контроля за физическим состоянием студентов коррелирует с данными, полученными традиционным методом (из крови).

В наших исследованиях [6] мы показали, что величина концентрации молочной кислоты в крови может служить тестом улучшения или ухудшения уровня тренированности, а студенты, не занимающиеся спортом, при учебных физических нагрузках имеют очень плохой уровень физической подготовки. Нерациональные физические нагрузки могут привести к патологическим процессам в организме как учащихся, так и спортсменов. Поэтому при выборе спортивной нагрузки важно учитывать состояние анаэробной системы организма, которое оценивается по таким показателям, как концентрация молочной кислоты и активность ЛДГ.

### Литература

1. *Бутова О.А., Масалов С.В.* Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 1. – С. 123–128.
2. *Дубровский В.И.* Спортивная медицина. – М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС», 2002. – 512 с.
3. *Derbyshire P.J., Barr H., Davis F., Higson S.P.* Lactate in human sweat: a critical review of research to the present day // J. Physiol. Sci. – 2012. – V. 62, No 6. – P. 429–440.
4. *Кольман Я., Рем К.Г.* Наглядная биохимия. – М: Мир, 2004. – 469 с.
5. *Янсен П.* ЧСС, лактат и тренировки на выносливость. – Мурманск: Тулома, 2006. – 160 с.
6. *Ганеева Л.А., Касатова Л.В., Скрипова В.С., Абрамова З.И.* Оценка изменения концентрации L-лактата в крови студентов при выполнении теста Купера // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2011. – Т. 153, кн. 3. – С. 119–127.



7. Загородный Г.М., Лосицкий Е.А., Пристром С.Л. Программа комплексного тестирования спортсменов (метод. указ. для спортивных врачей). – Минск, 2003. – 23 с.
8. Гальбрайт Л.С. Целлюлоза и ее производные // Соросов. образов. журн. – 1996. – № 11. – С. 47–53.
9. Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимп. лит., 2000. – 503 с.
10. Досон Р., Эллиот Д. Справочник биохимика. – М.: Мир, 1991. – 544 с.
11. Бутова О.А., Масалов С.В. Активность лактатдегидрогеназы как показатель метаболизма мышечной ткани у спортсменов высокой квалификации // Физиология человека. – 2009. – № 1. – С. 141–144.
12. Horton R.A., Moran L.A., Scrimgeour G., Perry M., Rawn D. Principles of Biochemistry. – N. J., US: Person Education, 2005. – 896 p.
13. Прилуцкий П.М., Рыбина И.Л. Временная и климатическая адаптация организма к условиям проведения Олимпийских Игр в Пекине. – Минск, 2007. – 96 с.

Поступила в редакцию  
02.11.12

---

**Ганеева Лилия Ахатовна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры биохимии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: kolbatonalilya@mail.ru

**Скрипова Вера Сергеевна** – студент кафедры биохимии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

**Касатова Людмила Васильевна** – кандидат биологических наук, заведующая кафедрой физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

**Набиуллина Роза Муллаяновна** – ассистент кафедры биохимии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

**Абрамова Зинаида Ивановна** – доктор биологических наук, профессор кафедры биохимии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: ziabramova@mail.ru

\* \* \*

#### ASSESSMENT OF SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF ENERGY METABOLISM IN STUDENT-ATHLETES AFTER PROLONGED EXERCISE

*L.A. Ganeeva, V.S. Skripova, L.V. Kasatova, R.M. Nabiullina, Z.I. Abramova*

##### Abstract

We investigated the main indicators of energy metabolism – lactic acid and lactate dehydrogenase – in a group of student-athletes. To study lactic acid, we tested two types of filters: cellulose filters and nitrocellulose filters SynPOR. We obtained the content of lactic acid in sweat of student-athletes and determined the activity of lactate dehydrogenase in their blood serum. The use of cellulose filters for the study of lactic acid was found more preferable than the use of nitrocellulose filters SynPOR. We also revealed that the activity of lactate dehydrogenase in the blood serum of students engaging in athletics, in response to prolonged physical activity, is higher than in the control group. The results of this study can be used for biochemical testing of athletes and also people who do not take regular physical exercise.

**Keywords:** lactic acid, lactate dehydrogenase, sport, secretion of sweat glands, filters, anaerobic glycolysis.

## References

1. Butova O.A., Masalov S.V. Adaptation to physical loads: anaerobic metabolism of muscle tissue. *Vestn. Nizhegor. Univ. Im. N.I. Lobachevskogo*, 2011, no. 1, pp. 123–128. (In Russian)
2. Dubrovskii V.I. Sports Medicine. Moscow, Gumanit. Izd. Tsentr VLADOS, 2002. 512 p. (In Russian)
3. Derbyshire P.J., Barr H., Davis F., Higson S.P. Lactate in human sweat: a critical review of research to the present day. *J. Physiol. Sci.*, 2012, vol. 62, no. 6, pp. 429–440. (In Russian)
4. Kolman Ya., Rem K.G. Visual Biochemistry. Moscow, Mir, 2004. 469 p. (In Russian)
5. Yansen P. Heart Rate, Lactate, and Endurance Training. Murmansk, Tuloma, 2006. 160 p. (In Russian)
6. Ganeeva L.A., Kasatova L.V., Skripova V.S., Abramova Z.I. Assessment of changes in the concentration of L-lactate in the blood of students during the Cooper test. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2011, vol. 153, no. 3, pp. 119–127. (In Russian)
7. Zagorodnyi G.M., Lositskii E.A., Pristrom S.L. A Program of Complex Testing of Athletes (Methodol. Instr. for Sports Doctors). Minsk, 2003. 23 p. (In Russian)
8. Galbraikh L.S. Cellulose and Its Derivatives. *Sorosovskii Obrazovatelnyi Zhurnal*, 1996, no. 11, pp. 47–53. (In Russian)
9. Volkov N.I., Nesen E.N., Osipenko A.A., Korsun S.N. Biochemistry of Muscle Activity. Kiev, Olimpiiskaya Literatura, 2000. 503 p. (In Russian)
10. Dawson R., Elliot D. Handbook of Biochemistry. Moscow, Mir, 1991. 544 p. (In Russian)
11. Butova O.A., Masalov S.V. The lactate dehydrogenase activity as an indicator of muscle tissue metabolism in athletes of high qualification. *Fiziol. Cheloveka*, 2009, no. 1, pp. 141–144. (In Russian)
12. Horton R.A., Moran L.A., Scrimgeour G., Perry M., Rawn D. Principles of Biochemistry. N. J., US, Person Education, 2005. 896 p.
13. Prilutskii P.M., Rybina I.L. Zonetime and Climatic Adaptation of Organism to the Conditions of the Beijing Olympic Games. Minsk, 2007. 96 p. (In Russian)

Received  
November 2, 2012

---

**Ganeeva Liliya Akhatovna** – PhD in Biology, Research Fellow, Department of Biochemistry, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: kolbatonalilya@mail.ru

**Skripova Vera Sergeevna** – Student, Department of Biochemistry, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Kasatova Lyudmila Vasilevna** – PhD in Biology, Head of the Department of Physical Education and Sport, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Nabiullina Roza Mullayanovna** – Teaching Assistant, Department of Biochemistry, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Abramova Zinaida Ivanovna** – Doctor of Biology, Professor, Department of Biochemistry, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: ziabramova@mail.ru