

Д. В. Каунина, А. Д. Викулов

Физическая работоспособность и липидный обмен спортсменов-пловцов высокой квалификации

У спортсменов-пловцов высокой квалификации изучены показатели физической работоспособности и липидного состава плазмы крови. Показано, что липидный обмен играет важную роль в долговременных реакциях организма на регулярные физические нагрузки. Наибольший независимый вклад во взаимосвязь липидов и PWC_{170} вносили ЛПНП.

Ключевые слова: спортсмены, пловцы, физические нагрузки, липиды, работоспособность, кровь, плазма, сыворотка.

D. V. Kaunina, A. D. Vikulov

The Physical Working Capacity and Blood Lipids Composition of Highly Qualified Swimmers' Blood Plasma

The rates of the physical working capacity and blood lipids composition of highly qualified swimmers' blood plasma are investigated in the article. In this article it is underlined that the blood lipids metabolism plays an important role in long-run reactions of the organism on the regular physical activity. The major independent contribution into blood lipids and PWC_{170} interconnection was made by LPNP.

Keywords: sportsmen, swimmers, a physical activity, blood lipids, a working capacity, blood, (blood) plasma, serum.

Введение

Известно влияние физических нагрузок на липидный обмен: он зависит как от специфики тренировочного процесса и интенсивности физических нагрузок, так и от объема последних, что связано с повышением спортивной квалификации.

Систематическое выполнение физических упражнений, направленных на развитие выносливости, вызывает адаптационные изменения во многих физиологических системах организма. Одним из наиболее важных эффектов этих адаптационных реакций является изменение скорости, с которой различные энергетические источники используются для обеспечения мышечной деятельности. В частности, это проявляется в меньшем окислении углеводов и в большем использовании жиров у спортсменов, тренирующихся в развитии выносливости, по сравнению с нетренированными лицами при выполнении тождественных по интенсивности физических упражнений или же при равном потреблении кислорода и, возможно, также при мышечной работе одинаковой относительной мощности (то есть при одинаковом потреблении кислорода по отношению к МПК) [8, 9, 12].

Учитывая важность липидного обмена в условиях мышечной деятельности, мы и предприняли настоящее исследование.

Организация исследования и методы

В исследовании приняли участие спортсмены-пловцы высокой квалификации ($n=24$) и практически здоровые лица такого же возраста, не занимающиеся спортом ($n=15$). Они, соответственно, составили экспериментальную и контрольную группы.

Средний возраст наблюдаемых в группах – 17,5 лет.

Квалификация спортсменов – от первого разряда до мастера спорта.

Для определения общей физической работоспособности применялся велоэргометрический тест PWC_{170} .

Биохимический анализ крови выполнен на анализаторе Accutrend Plus (производитель: Roche, Швейцария). Изучены концентрации в плазме крови: холестерина, триглицеридов, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), рассчитан индекс атерогенности.

Результаты исследования подвергнуты математико-статистической обработке. В сравнивае-

мых группах определены: выборочная средняя ($M \pm \sigma$), стандартное отклонение ($\pm \sigma$). Достоверность различий между группами рассчитана по критерию t-Стьюдента (при условии принадлежности выборки к нормальному распределению по критерию Шапиро – Уилка). Корреляционный

анализ выполнен методом ранговой корреляции Спирмена. Проведен множественный регрессионный анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования отражены в табл. 1.

Таблица 1

Некоторые показатели физической работоспособности и липидного обмена у спортсменов-пловцов высокой квалификации ($M \pm \sigma$)

Показатели	Пловцы n=20	Контроль n=15
1. PWC ₁₇₀ /кг	20,53±4,72**	12,90±1,55
2. Гематокрит, %	42,50±2,51**	46,04±3,13
3. Гемоглобин, г/л	150,60±9,65	147,67±9,93
4. Холестерин, □ммоль/л	3,83±0,65*	4,25±0,54
5. ЛПВП, □ммоль/л	1,71±0,37**	1,34±0,27
6. ЛПНП, □ммоль/л	1,80±0,74**	2,53±0,35
7. Триглицериды, □ммоль/л	0,67±0,35	0,84±0,27
8. Индекс атерогенности, ед.	1,32±0,76**	2,23±0,39

У спортсменов-пловцов зарегистрирован более высокий уровень общей физической работоспособности (табл. 1; $p < 0,01$).

У них выявлены сниженные значения концентрации холестерина в крови ($p < 0,05$; табл. 1), липопротеинов низкой плотности ($p < 0,01$) и повышенные по сравнению с лицами контрольной группы концентрации липопротеинов высокой плотности ($p < 0,01$). Такие же результаты продемонстрированы и многими другими авторами [3, 5, 6]. В наблюдаемых группах средние показатели липидов сыворотки крови не выходили за границы принятых нормальных значений (Клинические рекомендации Всероссийского научного общества кардиологов и Ассоциации медицинских обществ по качеству, 2007).

Статистически значимых различий по концентрации триглицеридов между группами не отмечалось ($p > 0,05$), хотя и наблюдалась тенденция к их снижению. В литературе показано снижение концентрации триглицеридов у спортсменов в состоянии покоя [3, 18].

Снижение сывороточной концентрации холестерина позволяет говорить о повышении потреб-

ления холестерина тканями, в частности, по-видимому, в качестве компонента биомембран, подвергающихся действию оксидантной нагрузки. Холестерин в составе клеточной плазматической мембраны играет роль модификатора бислоя, придавая ему определенную жесткость за счет увеличения плотности «упаковки» молекул фосфолипидов [4].

Между показателями общей физической работоспособности и концентрацией холестерина в крови у спортсменов отмечался положительный коэффициент корреляции [$r = 0,66$; $p < 0,05$].

Между показателями общей физической работоспособности и концентрации в плазме крови триглицеридов коэффициент ранговой корреляции был равен [$r = 0,44$; $p < 0,05$].

Холестерин и триглицериды коррелировали между собой [$r = 0,45$; $p < 0,05$].

Известно, что 95 % всех липидов плазмы оказываются представленными липопротеинами: а) очень низкой плотности; б) промежуточной плотности; в) низкой плотности; г) высокой плотности. Основная функция липопротеинов: транспорт липидных компонентов к тканям [1].

Сильные корреляционные связи выявлены между показателями общей физической работоспособности и ЛПНП [$r=0,76$; $p<0,01$], между показателем общей физической работоспособности и индексом атерогенности [$r=0,70$; $p<0,01$].

По нашим данным, в группе спортсменов установлено снижение уровня ХСЛПНП и вызванное этим уменьшение индекса атерогенности липидов: между ХСЛПНП и индексом атерогенности величина коэффициента ранговой корреляции составляла [$r=0,53$; $p<0,05$].

Множественный анализ показал, что ЛПВП и ЛПНП объясняли 45,7 % дисперсии PWC_{170} ($p<0,01$). При этом ЛПНП вносили наибольший независимый вклад во взаимосвязь липидов и PWC_{170} ($r_{\beta} = 0,783$; $p<0,01$).

Имеются сведения о том, что тренировка, направленная на развитие выносливости, способствует повышению скорости окисления содержащихся в крови триглицеридов очень низкой плотности (ЛПОНП) [15]. Проявление этого эффекта опосредовано увеличением в мышцах липопротеинлипазной активности, сопровождающейся возрастанием площади поверхности эндотелия капилляров под влиянием тренировки [7]. Тем не менее ЛПОНП-триглицериды являются относительно незначительным источником энергии при мышечной деятельности даже у тренированных лиц и обеспечивают менее 10 % общих энергозатрат [15].

Снижение сывороточной концентрации холестерина позволяет говорить о повышении потребления холестерина тканями, в частности, по-видимому, в качестве компонента биомембран, подвергающихся действию окислительной нагрузки. По мнению А. А. Мельникова [3], снижение холестерина в крови, ХСЛПНП, фибриногена и IgE оказывает влияние на повышение текучести крови через снижение вязкости плазмы и повышение деформируемости эритроцитов. Им показано, что вязкость суспензии отмытых эритроцитов (гематокрит 45 %) коррелирует с ХСЛПНП, что свидетельствует о взаимосвязи ХСЛПНП с морфофункциональными свойствами мембраны эритроцитов.

Как показали наши предыдущие исследования [4], ЛПВП также связаны с деформируемостью

эритроцитов. Среди механизмов взаимосвязи деформируемости эритроцитов с ХСЛПНП можно выделить: а) ЛПВП участвуют в обратном транспорте холестерина от периферических клеток к печени и тем самым способны оптимизировать липидный состав мембран [2, 17]; б) ЛПВП обладают антиоксидантными свойствами, что может предупреждать повреждение белков, липидов мембран и снижение деформируемости эритроцитов [2]; в) ЛПВП ингибируют сфероцитоз, вызванный инкубацией эритроцитов с ЛПНП [13].

Хотя важнейшими агрегирующими плазменными факторами традиционно считаются белки плазмы, некоторую роль в этих процессах могут играть и липиды. Связь липидного профиля с агрегацией эритроцитов многократно описана. Так, А. L. Nadengue et al. (1998) полагают, что изменение уровней ХСЛПНП и триглицеридов вызывает изменение заряда эритроцитов и изменение, соответственно, агрегабельности красных клеток, так как между концентрациями липопротеидов в плазме и содержанием сиаловых кислот в эритроцитах установлены тесные корреляции. По мнению авторов, связь сиаловых кислот с триглицеридами может быть обусловлена ингибированием триглицеридами активности сиалилтрансферазы – энзима, участвующего в перемещении остатков сиаловых кислот (N-ацетилнейроаминовых кислот) на поверхностные гликопротеины, что изменяет заряд и агрегацию эритроцитов [10].

Снижение деформируемости эритроцитов повышает местное сосудистое сопротивление при входе и прохождении клетками капилляров, лимитирует транспорт кислорода к тканям [11, 14, 16]. Напротив, повышение деформируемости эритроцитов и в целом повышение текучести крови увеличивают кислородтранспортные возможности крови, а это играет важную роль в повышении физической работоспособности.

Таким образом, проведенное исследование продемонстрировало, что липидный обмен играет важную роль в долговременных реакциях организма на регулярные физические нагрузки.

Библиографический список

1. Гайтон, А. К., Холл, Дж. Э. Медицинская физиология [Текст] / А. К. Гайтон ; пер. с англ. под ред. В. И. Кобрина. – М. : Логосфера, 2008. – 1296 с.
2. Климов, А. Н., Никульчева, Н. Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения [Текст] : руков. для врачей / А. Н. Климов, Н. Г. Никульчева. – СПб. : ПитерКом, 1999. – 512 с.
3. Мельников, А. А. Комплексный анализ факторов, взаимосвязанных с реологическими свойствами крови у спортсменов [Текст] : автореф. дисс. ... докт. биол. наук / А. А. Мельников. – Ярославль, 2004. – 46 с.
4. Мельников, А. А., Викулов, А. Д. Реологические свойства крови у спортсменов [Текст] / А. А. Мельников, А. Д. Викулов. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2008. – 491 с.

5. Писков, С. И. Особенности морфологического и гормонально-метаболического статуса спортсменов-борцов вольного стиля юношеского возраста [Текст] : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / С. И. Писков. – Майкоп, 2009. – 25 с.
6. Пинигина, И. А. Структурно-функциональные особенности сердечно-сосудистой системы и метаболические показатели у молодых мужчин с высокой физической активностью в условиях Крайнего Севера [Текст] : автореф. дисс. ... канд. мед. наук / И. А. Пинигина. – Новосибирск, 2010. – 22 с.
7. Bagby G.J., Johnson J.L., Bennett B.W., Shepherd R.E. Muscle lipoprotein lipase activity in voluntarily exercising rats // *J. Appl. Physiol.*, 1986. – 60. – P. 1623–1627.
8. Coggan A.R., Habash D.L., Mendenhall L.A. et al. Isotopic estimation of CO₂ production during exercise before and after endurance training // *J. Appl. Physiol.*, 1993. – 75. – P. 70–75.
9. Coggan A. R., Spina R. J., Kohrt W. M. et al. Plasma glucose kinetics during exercise in subjects with high and low lactate thresholds // *J. Appl. Physiol.*, 1992. – 73. – P. 1873–1880.
10. Hadengue A. L., Del-Pino M., Simon A., Levenson J. Erythrocyte disaggregation shear stress, sialic acid, and cell aging in humans // *Hypertension*, 1998. – V. 32. – P. 324–330.
11. Hakim T. S. Erythrocyte deformability and segmental pulmonary vascular resistance: osmolarity and heay treatment // *J. Appl. Physiol.*, 1988. – V. – 65. – N 4. – P. 1634–1641.
12. Henriksson J. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise // *J. Physiol.*, 1997. – 270. – P. 661–667.
13. Hui D. Y., Harmony J. A. Interaction of plasma lipoproteins with erythrocytes. I. Alteration of erythrocyte morphology // *Biochim. Biophys. Acta*, 1979. – V. 550. – № 3. – P. 407–424.
14. Frank R. S., Hochmuth R. M. The influence of red cell mechanical properties on flow through single capillary-sized pores // *J. Biomech. Eng.*, 1988. – V. 110. – P. 155–160.
15. Kiens B., Lithel H. Lipoprotein metabolism influenced by training-induced changes in human skeletal muscle // *J. Clin. Invest.*, 1989. – 83. – P. 558–564.
16. Lipowsky H. H., Cram L. E., Justice W., Eppihimer M. J. Effect of erythrocyte deformability on in vivo red cell transit time and hematocrit and their correlation with in vitro filterability // *Microvasc. Res.*, 1993. – V. 46. – P. 43–64.
17. Martinez M., Vaya A., Server R. et al. Alterations in eruthrocyte aggregability in diabetes: the influence of plasmatic fibrinogen and phospholipids of the red blood cell membrane // *Clin. Hemorheol. Microcircul.*, 1998. – V. 18. – № 4. – P. 252–258.
18. Tanaka H., Sommerlad S. M., Renzi C. P. et al. Post-exercise Hypotension and Blood Lipoprotein Changes following Swimming Exercise // *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*. – Oslo, 2010. – P. 236.