

УДК 616.15–07+612.12

Оригинальная статья

ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО СОСТАВА КРОВИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОДНОКРАТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Е. Н. Ермолаева — ГБОУ ВПО «Южно-Уральский ГМУ» Минздрава России, доцент кафедры патологической физиологии, доцент, кандидат медицинских наук.

CHANGES IN THE LIPID COMPOSITION OF BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF A SINGLE SUBMAXIMAL EXERCISE CAPACITY (EXPERIMENTAL RESEARCH)

E. N. Ermolaeva — South Ural State Medical University, Department of Pathological Physiology, Assistant Professor, Candidate of Medical Science.

Дата поступления — 21.01.2014 г.

Дата принятия в печать — 4.06.2015 г.

Ермолаева Е. Н. Изменение липидного состава крови под влиянием однократной физической нагрузки субмаксимальной мощности (экспериментальное исследование). Саратовский научно-медицинский журнал 2015; 11 (2): 123–125.

При острой физической нагрузке происходит изменение доставки кислорода работающим тканям, газотранспортной функции крови и эффективности использования кислорода клетками в процессе метаболизма, что лежит в основе компенсации к физическим нагрузкам. Липидный обмен играет важную роль в энергетическом обеспечении мышечной деятельности. *Цель:* изучить влияние однократной физической нагрузки субмаксимальной мощности на изменение липидного профиля периферической крови. *Материал и методы.* Исследование проведено на 18 белых беспородных крысах. Модель острой физической нагрузки: животные плавали в течение 4 минут с грузом массой 20% от веса тела. Забор крови производился внутрисердечно, затем определяли липидный спектр. *Результаты.* В эксперименте зарегистрировано увеличение уровня триглицеридов, общего холестерина, холестерина липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП), но при этом коэффициент атерогенности сохранялся на уровне контрольных значений, что обусловлено значимым увеличением уровня липопротеинов высокой плотности (ЛПВП). *Заключение.* Острая физическая нагрузка субмаксимальной мощности на нетренированный организм оказывает атерогенный эффект. Работающие мышцы при активной физической деятельности являются основным потребителем свободных жирных кислот, источником которых служат атерогенные формы холестерина липопротеинов очень низкой плотности и низкой плотности.

Ключевые слова: острая физическая нагрузка, липидный обмен.

Ermolaeva EN. Changes in the lipid composition of blood under the influence of a single submaximal exercise capacity (experimental research). *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2015; 11 (2): 123–125.

In acute physical exercise, there is a change in oxygen delivery working tissues, blood gas transport function and efficiency of the use of oxygen by cells in the process of metabolism, which is the basis for compensation for physical activities. Lipid metabolism plays an important role in the energy supply of muscle activity. *The aim* of our research is to study the effect of a single submaximal exercise capacity by changing the lipid profile of peripheral blood. *Materials and Methods.* The study was performed on 18 white rats. Model of acute exercise: animals swam 4 minutes with a load weighing 20% of body weight. Blood sampling was performed by intracardiac way, right after exercise. The blood lipid profile was determined. *Results.* In the experiment reported an increase in triglycerides, total cholesterol, very low-density lipoproteins, but the atherogenic ratio is maintained at the control values, due to a significant increase in the level of high-density lipoprotein. *Conclusion.* Acute submaximal exercise capacity by untrained body has an atherogenic effect. Working muscles during physical activity is a major consumer of free fatty acids, which are the source of atherogenic lipoprotein form of the very low and low density.

Key words: acute physical activity, lipid metabolism.

Введение. В стареющем организме происходит перестройка структуры и функции всех физиологиче-

ских систем, даже при отсутствии развития симптомов и синдромов болезней. Снижение интенсивности физической нагрузки приводит к развитию возрастных физиологических изменений, которые затрагивают широкий спектр тканей и органов. В зрелом и

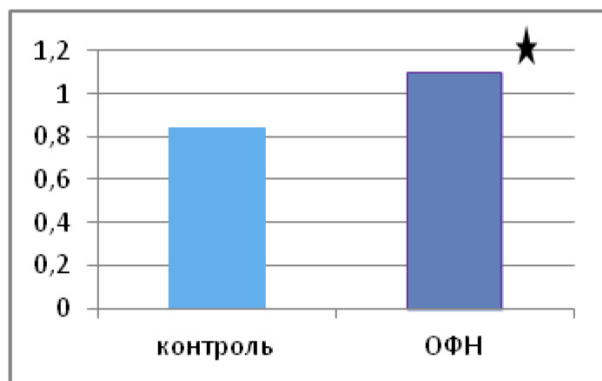
Ответственный автор — Ермолаева Елена Николаевна
Тел. +79517810486
E-mail: ermen33@mail.ru

пожилом возрасте часто наблюдается постепенное накопление жировой ткани в организме и ее перераспределение в центральных и висцеральных депо; наблюдается потеря мышечного тонуса с сопутствующими метаболическими изменениями [1, 2] и риском развития сердечно-сосудистой патологии [3, 4]. Поэтому в 1995 г. Центр по контролю и профилактике заболеваний совместно с Американским колледжем спортивной медицины опубликовал профилактическую рекомендацию для лиц пожилого возраста, в которой указывалось, что каждый взрослый житель США должен заниматься физической нагрузкой умеренной интенсивности 30 минут ежедневно либо большинство дней в неделю [5]. Известно, что постоянная регулярная физическая нагрузка оказывает выраженный антиатерогенный эффект на липидный обмен в организме [6]. Данные о влиянии однократной физической нагрузки на липидный обмен немногочисленны и противоречивы, что вызывает много спорных вопросов.

Цель: изучить влияние однократной физической нагрузки субмаксимальной мощности на изменение липидного профиля периферической крови.

Материал и методы. Исследование проведено на 18 белых беспородных крысах обоего пола массой 350–400 грамм, возрастом 8–9 месяцев. Все эксперименты выполнены согласно Европейской конвенции по защите экспериментальных животных (Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотра в 1983 г.). Исследуемые животные были разделены на 2 группы. Первую из них (контрольную) составляли интактные крысы. Во вторую группу вошли животные, подвергавшиеся острой физической нагрузке субмаксимальной мощности (ОФН). Модель острой физической нагрузки воспроизводилась по методу А.Ф. Краснова, Г.И. Самодановой и др. Животные плавали в течение 4 минут с грузом массой 20% от веса тела. Температура воды 32°C [7]. Забор крови производился сразу после физической нагрузки внутрисердечно согласно правилам для гематологических исследований. Определение липидного профиля проводилось на базе биохимической лаборатории Центральной научно-исследовательской лаборатории при ЮУГМУ (г. Челябинск). Общий холестерин (ОХ), триглицериды и холестерин липопротеинов высокой плотности (Х-ЛПВП) определяли с помощью наборов Ольвекс-диагностикум. Концентрацию холестерина липопротеинов низкой и очень низкой плотности (Х-ЛПНП и Х-ЛПОНП) последовательно рассчитывали по формуле Friedewald. Статистическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с помощью пакета программ Statistica 6, использован непараметрический критерий Манна — Уитни.

Результаты. Липидный обмен играет важную роль в аэробном энергетическом обеспечении мы-



Влияние острой физической нагрузки на уровень триглицеридов в плазме крови
Примечание: * — достоверность показана по сравнению с группой контроля ($p \leq 0,05$) U-Mann-Whitney U Test

шечной деятельности. Нами исследованы показатели триглицеридов; общего холестерина и содержания холестерина в липопротеинах. Результаты исследования содержания триглицеридов в плазме крови представлены на рисунке.

По сравнению с контрольной группой у крыс, выполнявших кратковременно в течение 4 минут острую физическую нагрузку субмаксимальной мощности, содержание триглицеридов достоверно выше на 16,33% ($p=0,027$).

Однократная физическая нагрузка субмаксимальной мощности приводит к изменению липидного профиля периферической крови (таблица).

Зарегистрировано достоверно значимое повышение общего холестерина на 16,8%, холестерина в ЛПОНП на 24,01% и холестерина в ЛПВП на 14,56%.

Обсуждение. Основная функция триглицеридов — энергетическая, поэтому исследование данного показателя конкретизирует участие липидного обмена в энергетическом обеспечении мышечной деятельности. Большие запасы триглицеридов, находящиеся в жировой ткани, активируются с относительно медленной скоростью. При этом физические нагрузки стимулируют выработку фермента — гормонально чувствительной липазы, которая активирует липолиз. Основным фактором, отвечающим за стимулирование липолиза триглицеридов жировой ткани под воздействием физических нагрузок, — увеличение концентрации в крови адреналина, активирующего β -рецепторы в адипоцитах. Так как острая физическая нагрузка субмаксимальной мощности является анаэробной, то для метаболизма жиров не хватает кислорода. Поэтому происходит изменение доставки кислорода работающим тканям, газотранспортной функции крови и эффективности использования кислорода клетками, что и лежит в основе компенсации

Изменение уровня общего холестерина, холестерина в липопротеинах при острой физической нагрузке ($M \pm m$)

Показатели	Контрольная группа n=12	ОФН (острая физическая нагрузка) n=6	p
Общий холестерин, ммоль/л	2,57±0,15	3,09±0,09*	p-0,039 U
Х в ЛПОНП, ммоль/л	0,38±0,07	0,50±0,02*	p-0,027 U
Х в ЛПНП, ммоль/л	2,08±0,18	2,56±0,21	
Х в ЛПВП, ммоль/л	0,88±0,06	1,03±0,04*	p-0,047 U
Коэффициент атерогенности	1,92±0,16	2,04±0,19	

Примечание: * — достоверность показана по сравнению с группой контроля ($p \leq 0,05$) U-Mann-Whitney U Test

к физическим нагрузкам. Выполнение мышечной работы в условиях недостаточного снабжения кислородом обеспечивается целым рядом факторов. Максимальная скорость креатинфосфокиназной реакции достигается уже на первых секундах от начала работы. Поскольку общие запасы креатинфосфата в мышцах невелики, скорость этого процесса быстро снижается [8]. Основными биохимическими процессами, имеющими непосредственное отношение к клеточному энергообмену, являются цикл Кребса, окисление жирных кислот, карнитин-карнитиловый цикл, транспорт электронов в дыхательной цепи и окислительное фосфорилирование [9].

Однократная физическая нагрузка субмаксимальной мощности приводит к изменению состава липидов периферической крови. Увеличение общего холестерина в крови и липопротеинах при острой физической нагрузке может быть связано с особенностями его метаболизма при гипоксии, а также являться следствием его обмена в клетках. Гипоксическое воздействия на метаболизм холестерина изучалось в культивируемых клетках. Было показано, что гипоксия снижает концентрацию холестерина в эндотелиальных клетках аорты [10]. Гипоксия способствует накоплению холестерина главным образом в качестве сложного эфира, в гладкомышечных клетках, культивированных в гиперлипидемической сыворотке. Эти эксперименты в пробирке показывают, что гипоксия, связанная с гиперлипидемией, может играть важную роль в атерогенезе, хотя точный механизм остается неясным. Ионан Т. и соавторы в работах по влиянию гипоксии на биосинтез холестерина в клеточных культурах гепатоцитов доказали, что гипоксия может подавлять экспрессию HMG-CoA-редуктазы, следствием чего является ограничение биосинтеза холестерина. Авторы предположили, что ускоренная деградация HMG-CoA-редуктазы является защитным механизмом, который предохраняет клетки от кислородного истощения [11].

Заключение. Таким образом, острая физическая нагрузка субмаксимальной мощности на нетренированный организм оказывает атерогенный эффект. Изменяются показатели липидного обмена: происходит увеличение уровня триглицеридов, общего холестерина, холестерина ЛПОНП, но при этом коэффициент атерогенности сохраняется на уровне

контрольных значений, что обусловлено значимым увеличением уровня холестерина ЛПВП. Работающие мышцы при активной физической деятельности являются основным потребителем свободных жирных кислот, источником которых служат атерогенные формы липопротеинов очень низкой плотности и ХС-ЛПНП.

References (Литература)

1. Janssen I, Ross R. Linking age-related changes in skeletal muscle mass and composition with metabolism and disease. *J Nutr Health Aging* 2005; 9: 408–419.
2. Kallman DA, Plato CC, Tobin JD. The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol* 1990; 45: 82–88.
3. Kay SJ, Fiatarone Singh MA. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev* 2006; 7: 183–200.
4. Singh M. Exercise and aging. *Clin Geriatr Med* 2004; 20: 201–221.
5. Pate R, Pratt M, Blair S, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995; 273: 402–407.
6. Kelley GA, Kelley KS. Aerobic exercise, lipids, and lipoproteins in men: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Mens Health Gend* 2006; 3 (1): 61–70.
7. Krasnov AF, Samodanova GI, Usik SV, Yakovlev NN. The level of lactic acid in the blood as an indicator of response to exercise. *Physiological Journal of the USSR named after IM Sechenova* 1978; 64 (4): 538–542. Russian (Краснов А. Ф., Самоданова Г. И., Усик С. В., Яковлев Н. Н. Уровень молочной кислоты в крови как показатель реакции на физические нагрузки. *Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова* 1978; 64 (4): 538–542.
8. Volkov NI, Savelyev IA. Oxygen request and energy cost of intense muscular activity in man. *Human Physiology* 2002; 28 (4): 80–93. Russian (Волков НИ, Савельев ИА. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности у человека. *Физиология человека* 2002; 28 (4): 80–93.
9. Knorre DG. *Biological chemistry*. Moscow: Nauka, 2002; 479 p. Russian (Кнорре Д. Г. *Биологическая химия*. М.: Наука, 2002; 479 с.)
10. Arai Y, Sasaki M, Sakuragawa N. Hypoxic effects on cholesterol metabolism of cultured rat aortic and brain microvascular endothelial cells, and aortic vascular smooth muscle cells. *Tohoku J Exp Med* 1996; 180: 17–25.
11. Yonan T, Qiulin T. Inhibition of cholesterol biosynthesis under hypoxia. Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University 2005; 1: 1–26.