

УДК 796.015:612.1(476.5)

DOI: 10.14427/jipai.2022.2.68

## Корреляция физической натренированности спортсменов ЦСК «Витебск» и биохимических, иммунологических показателей крови

Р.В. Прохоренко, Н.С. Аляхнович, А.В. Патрина

Витебский государственный медицинский университет, Витебск, Беларусь

## Correlation of physical fitness of CSC «Vitebsk» athletes and biochemical, immunological blood parameters

R.V. Prokhorenko, N.S. Aliakhnovich, A.V. Patryna

Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus

### Аннотация

Профессиональный спорт – это область деятельности человека, где все системы организма функционируют в зоне абсолютных физиологических пределов организма. Установлена хорошая физическая натренированность спортсменов в целом, удовлетворительные показатели – у 26%. Обнаружены нарушения в метаболизме спортсменов, свидетельствующие о нарушении восстановления после физических нагрузок и травм: снижение индекса атерогенности у 70%, уровня мочевой кислоты и глобулинов – у 12% участников; повышение общего и прямого билирубина – у 28-32%, креатинфосфокиназы – у 42%. Повышенные физические нагрузки влияли на Т-клеточное звено иммунитета (относительное количество Т-лимфоцитов было снижено у 20%, CD4-Т-лимфоцитов – у 24%, Т-лимфоциты активные были повышены у 12% спортсменов; иммунорегуляторный индекс был повышен у 8%, понижен – у 14%). Обследованные спортсмены часто болели острыми инфекциями: 52% перенесли ОРВИ, в т.ч. Covid-19, острые кишечные инфекции за последние 3 месяца, 84% – за последние 12 месяцев. Спортсмены отмечали ощущение затрудненного дыхания после физической нагрузки (20% – реже нескольких раз в неделю, 4% – несколько раз в неделю), эпизоды удушья – 10% спортсменов, то есть находились в группе риска развития бронхиальной астмы. Обнаружена прямая корреляция между глюкозой крови, печеночными показателями, уровнем кальция и креатинфосфокиназы и показателями пульса и артериального давления до и после пробы Руфье. Уровни креатинфосфокиназы и печеночных показателей обратно коррелировали с количеством эпизодов затрудненного дыхания.

### Ключевые слова

Проба Руфье, спортсмены, метаболизм, иммунограмма.

### Summary

Professional sports is a field of human activity where all body systems function in the zone of absolute physiological limits of the body. Good physical fitness of athletes in general was established, with satisfactory indicators in 26%. Disorders in the metabolism of athletes were found, indicating a violation of recovery after physical exertion and injury: a decrease in the atherogenicity index in 70%, the level of uric acid and globulins in 12% of participants; an increase in total and direct bilirubin in 28-32%, creatine phosphokinase in 42%. Increased physical activity affected the T-cell link of immunity (the relative number of T-lymphocytes was reduced in 20%, CD4-T-lymphocytes – in 24%, active T-lymphocytes were increased in 12% of athletes; the immunoregulatory index was increased in 8%, decreased in 14%). The examined athletes were often ill with acute infections – 52% suffered from acute respiratory viral infections, including Covid-19, acute intestinal infections in the last 3 months, 84% – in the last 12 months. Athletes noted a feeling of difficulty breathing after physical exertion (20% – less than several times a week, 4% – several times a week), episodes of suffocation – 10% of athletes, that is, they were at risk of developing bronchial asthma. A direct correlation was found between blood glucose, liver parameters, calcium and creatine phosphokinase levels, and pulse and blood pressure indicators before and after the Roufier test. The levels of creatine phosphokinase and liver parameters were inversely correlated with the number of episodes of difficulty breathing.

### Keywords

Roufier test, athletes, metabolism, immunogram.

## Введение

Спорт высших достижений связан с огромной физической нагрузкой, затрагивает работу всех органов и систем организма. Во время тренировок и соревнований спортсмены подвергаются острому и хроническому физическому стрессу (постоянные изматывающие физические нагрузки, которые пагубно влияют на сердечно-сосудистую систему, опорно-двигательную систему, систему иммунитета), что приводит к большому потреблению энергии с истощением энергетических депо, нарушению окислительно-восстановительных процессов в организме с образованием свободных радикалов, патологическим изменениям в системе иммунитета [1]. Адекватное питание должно полностью обеспечивать потребности организма не только в энергии и всех основных пищевых веществах (белках, углеводах, жирах, пищевых волокнах), но и обязательно – в витаминах, минеральных солях, микроэлементах и других биологически активных компонентах пищи. Активные обменные процессы, происходящие в костной и мышечной ткани, тканях суставов, требуют полноценного обеспечения всеми макро- и микронутриентами [2]. Питание спортсмена, как и питание любого здорового человека, преследует основную цель – обеспечение организма необходимым количеством энергии и пищевыми веществами. Кроме этого, питание рассматривается как активный фактор, способствующий сохранению здоровья, профилактике заболеваний, обеспечению естественных процессов роста и развития и расширению границ адаптации к систематическим физическим нагрузкам. В практике спорта применяются специальные продукты спортивного питания различной метаболической направленности с целью создания оптимального метаболического фона в предсоревновательный период, поддержанию высокого уровня физической работоспособности в период соревнований, активизации процессов восстановления в период отдыха после физической нагрузки [3].

Повышенная физическая нагрузка приводит к повышению уровня гормонов стресса и сопутствующим изменениям в нескольких аспектах иммунитета, включая следующие: высокий уровень кортизола; нейтрофилия; лимфопения; снижение активности естественных клеток-киллеров, пролиферации лимфоцитов, реакции чувствительности замедленного типа, выработки цитокинов в ответ на митогены и уровня иммуноглобулина А в слизистой носа и ротовой полости; снижение экспрессии основного комплекса гистосовместимости [3].

Таким образом, актуальным является оценка биохимических, иммунологических показателей крови активно тренирующихся спортсменов и определение их взаимосвязи с физической натренированностью.

**Цель.** Установить взаимосвязь физической натренированности спортсменов ЦСК «Витебск» и биохимических, иммунологических показателей крови.

## Материалы и методы исследования

В исследовании принял участие 51 футболист ФК «Витебск». Из них 36 мужчин и 15 девушек. Средний возраст футболистов – 22 [20,5; 23,0] года. Всем участникам проведён предсезонный медицинский осмотр: физикальное обследование, биохимический анализ крови, иммунограмма, нагрузочные пробы (проба Руфье), анкетирование по инфекционной заболеваемости и частоте встречаемости аллергопатологии среди спортсменов.

Показатели считались значительно измененными при повышении/снижении более чем на 15% от референтных границ.

Проба Руфье – один из тестов оценки работоспособности сердца и физической натренированности организма. Проба Руфье выполнена по общепринятой методике [4]: перед проведением нагрузочной пробы пациент отдыхал и расслаблялся в положении сидя пять минут. Далее подсчитывалась частота сердечных сокращений (ЧСС) в положении лежа за 15 секунд (величина P1) и измерялось артериальное давление (АД). Затем пациент выполнял 30 приседаний в интенсивном темпе (оптимально за 45 секунд). При невозможности соблюдения данного темпа, разрешалось выполнение в щадящем режиме (среди испытуемых не использовалось). После приседаний начинался восстановительный период в положении лежа. За первые 15 секунд периода отдыха подсчитывался пульс (величина P2) и повторно замерялось АД. Третье измерение ЧСС выполнялось через 30 секунд (в конце первой минуты отдыха) за 15 секунд (величина P3). Для подсчета индекса Руфье (ИР) использовалась формула:

$$ИР = (4 \times (P1 + P2 + P3) - 200) / 100$$

Оценка полученного индекса производилась в соответствии со шкалой:

- Отличный результат, отличная работа сердца – 0-4 балла.
- Хороший результат, хорошая работоспособность – 4,1-6 балла.

- Удовлетворительный результат, средняя работоспособность, недостаточности нет – 6,1-10 баллов.
- Плохой результат, плохая работа сердца, или сердечная недостаточность средней степени тяжести – 10,1-13,9 балла.
- Неудовлетворительный результат, или плохая работа сердца, возможно, тяжелая сердечная недостаточность – более 14 баллов.

### Результаты исследования

Средний рост спортсменов составил 177,5 [174,6;179,3] см, средний вес – 70,1 [67;73,4] кг. Средний рост и вес спортсменов женского пола составил 168,1 [165,5;171,8] см и 59,1 [53,5;64,4] кг, индекс массы тела (ИМТ) – 20,9 кг/м<sup>2</sup> при норме 18,5-24,9 кг/м<sup>2</sup>. Средний рост и вес спортсменов мужского пола – 179,6 [177,4;182,1] см и 74,9 [71,3;77,2] кг, ИМТ – 23,2 кг/м<sup>2</sup>, что соответствовало норме. Вес и рост спортсменов были сильно взаимосвязаны ( $R=0,86$ ). Наблюдалась корреляция между весом и возрастом спортсменов мужского пола ( $R=0,43$ ). Средний показатель натренированности (индекс Руфье) составил 4,43, (хороший результат). При этом 19 (38%) спортсменов показали отличный уровень натренированности (0-4), 19 (38%) – хороший (4,1-6) и только у 13 (26%) спортсменов индекс Руфье был на удовлетворительном уровне (6,1-10), что недостаточно для спортсменов высшей лиги футбола. Систолическое артериальное давление (САД) после проведения пробы Руфье было повышено у 1 спортсмена и достигло значения 160 мм.рт.ст. (табл. 1).

Средние показатели биохимического анализа крови спортсменов соответствовали референтным значениям, кроме индекса атерогенности (ИА), который был снижен на 21% от нижней границы нормы, показателей прямого билирубина (ПБ) и креатинфосфокиназы (КФК), которые были повышены на 21% и на 77 % соответственно (табл. 2).

Показатели липидограммы у отдельных спортсменов были изменены. Несмотря на то, что у 2 (4%) спортсменов общий холестерин (ОХС) был повышен более чем на 15%, у большинства спортсменов – 35 (70%) – ИА был понижен и находился в интервале 0,7-1,7. Это свидетельствует о вероятной недостаточности потребления жиров или избыточного их расходования вследствие усиленных тренировок, что может привести к недостатку строительного материала для мембран клеток и синтеза

стероидных гормонов. Кроме того, у 6 (12%) спортсменов наблюдался сниженный уровень мочевой кислоты и глобулинов в крови, что свидетельствует о недостаточной восполняемости белковых резервов после активных тренировок и соревнований [5].

Несмотря на нормальные средние уровни общего билирубина (ОБ) и ПБ в исследуемой группе (табл. 2), величина ОБ была значительно повышена (25,5-72,3 ммоль/л) у 14 (28%) спортсменов, ПБ – у 16 (32%) спортсменов и находилась в интервале 7,8-13,4 ммоль/л с максимальным превышением на 394% от верхней границы нормы. Увеличенные показатели АЛАТ и АСАТ наблюдались у 2 (4%) спортсменов, щелочной фосфатазы (ЩФ) – у 1 (2%) спортсмена. Это может свидетельствовать о нарушениях работы печени при повышенных физических нагрузках [6].

Установлено значительное повышение уровня КФК (228-1511 ед/л) у 21 (42%) спортсмена с максимальным превышением на 789% выше нормы, что является следствием повреждения мышц и частых травм во время соревнований и тренировок [7].

Наблюдалась корреляция физического развития спортсменов с показателями биохимического анализа крови. ИМТ коррелировал с уровнем креатинина ( $R=0,4$ ), мочевой кислоты ( $R=0,55$ ), ОБ и ПБ ( $R=0,33-0,35$ ), ГГТП ( $R=0,32$ ), КФК ( $R=0,45$ ), САД после проведения пробы Руфье ( $R=0,34$ ). Более высокий уровень КФК наблюдался у спортсменов с большим весом ( $R=0,58$ ) и более высоким ростом ( $R=0,52$ ).

При оценке показателей клеточного звена системы иммунитета уровни Т-лимфоцитов активных, CD8-Т-лимфоцитов, иммунорегуляторного индекса (ИРИ), В-лимфоцитов соответствовали нормальным значениям (табл. 3).

Однако у 10 спортсменов (20%) относительно количество Т-лимфоцитов находилось в интервале 45-49%, что на 22% ниже нормы, а у 12 спортсменов (24%) относительное количество CD4-Т-лимфоцитов было в интервале 24-29%, что на 31% ниже нормы соответственно. Напротив, у 6 (12%) спортсменов Т-лимфоциты активные были повышены на 27% и находились в интервале 36-38%. У 1 (2%) обследованного Т-киллеры были повышены на 16%, что равнялось 29%. ИРИ имел двусторонние нарушения: у 4 (8%) спортсменов был повышен на 40% (2,3-2,8), а у 7 (14%) – был понижен на 29% ниже нормы (1,0-1,1). Более молодые спортсмены имели более высокие относительные уровни

**Таблица 1. Показатели физической тренированности футболистов**

Проба Руфье	Средний показатель, доверительный интервал М [-ДИ;+ДИ]	Норма
Систолическое давление (САД) до проведения пробы Руфье, мм.рт.ст	111,08 [108,74;113,42]	до 120
Диастолическое давление (ДАД) до проведения пробы Руфье, мм.рт.ст	68,92 [66,6;71,24]	до 90
САД после проведения пробы Руфье, мм.рт.ст	128,82[125,99;131,66]	130-139
ДАД после проведения пробы Руфье, мм.рт.ст	59,02 [56,6;61,44]	до 90
Пульс до проведения пробы Руфье, уд/с	17,5 [16,98;17,99]	до 23
Пульс сразу после проведения пробы Руфье, уд/с	26,62 [26,11;27,14]	до 30
Пульс спустя 1 минуту после проведения пробы Руфье, уд/с	18,18 [17,58;18,78]	до 23
Индекс Руфье (ИР)	4,43 [17,58;18,78]	до 10

**Таблица 2. Показатели биохимического анализа крови футболистов**

Биохимический анализ крови, единицы измерения	Средний показатель, доверительный интервал М [-ДИ;+ДИ]	Норма
Глюкоза, ммоль/л	5,13 [4,99;5,27]	3,9-5,8
Мочевина, ммоль/л	4,9 [4,56;5,24]	1,7-8,3
Креатинин, ммоль/л	0,09 [0,07;0,12]	0,062-0,115
Мочевая кислота, ммоль/л	0,29 [0,26;0,32]	0,21-0,42
Общий белок, г/л	73,9 [72,8;75]	66-87
Альбумин, г/л	47,05 [47,18;48,94]	35-48
Глобулины, г/л	25,84 [24,86;26,83]	25-30
Общий холестерин (ОХС), ммоль/л	4,54 [4,3;4,76]	до 5,2
Триглицериды (ТГ), ммоль/л	0,73 [0,64;0,81]	до 1,7
Липопротеины низкой плотности (ЛПНП), усл.ед	1,96 [1,83;2,09]	<3,34
Липопротеины низкой плотности (ЛПВП), усл.ед	1,8 [1,7;1,9]	>1,0
<b>Индекс атерогенности (ИА)</b>	<b>1,59 [1,4;1,78]</b>	<b>2-3</b>
Общий билирубин (ОБ), мкмоль/л	19,7 [15,99;23,4]	до 21,0
<b>Прямой билирубин (ПБ), мкмоль/л</b>	<b>4,12 [2,93;5,3]</b>	<b>до 3,4</b>
Аланинаминотрансфераза (АЛАТ), ед./л	19,09 [16,6;21,6]	до 40
Аспаратаминотрансфераза (АСАТ), ед./л	27,33 [24,55;30,11]	до 40
Щелочная фосфатаза (ЩФ), ед./л	192,8 [178;207,52]	до 279
γ-Глутамилтрансфераза (ГГТП)	18,47 [15,49;21,44]	до 55
А-амилаза	56,88 [52,4;61,37]	20-104
<b>Креатинфосфокиназа (КФК)</b>	<b>336,35 [245,35;427,35]</b>	<b>до 170</b>
Кальций, ммоль/л	2,49 [2,47;2,51]	2,1-2,6
Калий, ммоль/л	4,93 [4,79;5,08]	3,6-5,5

**Таблица 3. Показатели иммунного статуса футболистов**

Иммунограмма	Средний показатель, доверительный интервал М [-ДИ;+ДИ]	Норма
<b>Т-лимфоциты, %</b>	<b>53,95 [52,55;55,33]</b>	<b>58-67</b>
Т-лимфоциты активные, %	29,02 [27,83;30,21]	24-30
<b>Т-хелперы CD4, %</b>	<b>32,8 [31,74;33,87]</b>	<b>35-48</b>
Т-киллеры CD8, %	21,14 [20,51;22,96]	18-25
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)	1,6 [1,5;1,7]	1,4-2
В-лимфоцитов CD22, %	20,4 [19,55;21,2]	16-24

активных Т-лимфоцитов ( $R=0,32$ ), Т-хелперов ( $0,32$ ), ИРИ ( $R=0,4$ ).

Обнаружена взаимосвязь липидограммы и показателей работы печени и почек с относительным количеством лимфоцитов в крови. Наблюдалась достоверная корреляция между относительным количеством Т-лимфоцитов и ИА ( $R=0,28$ ), ОБ ( $R=0,28$ ), кальцием ( $R=0,39$ ); В-лимфоцитов и ОХС ( $R=0,45$ ), триглицеридами (ТГ) ( $R=0,32$ ), ЛПНП ( $R=0,28$ ). Уровни активных Т-лимфоцитов коррелировали с показателями общего белка ( $R=0,29$ ); Т-хелперов – с уровнем Т-киллеров ( $R=0,29$ ), показателями ЛПНП ( $R=0,32$ ), ИА ( $R=0,33$ ), ОБ ( $R=0,37$ ), ПБ ( $R=0,32$ ), АЛАТ ( $R=0,32$ ), кальцием ( $R=0,37$ ) и мочевиной ( $R=0,29$ ). ИРИ обратно коррелировал с мочевиной ( $R=0,32$ ).

При оценке инфекционной заболеваемости по данным анкетирования обнаружено высокая распространенность острых респираторных и кишечных инфекций. Установлено, что 26 (52%) спортсменов перенесли инфекционные заболевания (ОРВИ, в т.ч. Covid-19; острые кишечные инфекции) за последние 3 месяца и 42 (84%) спортсмена – за последние 12 месяцев.

Аллергические заболевания среди обследованных спортсменов наблюдалось не так часто: лишь 7 (14%) спортсменов отмечали у себя какие-либо аллергические реакции. Основной проблемой обследованных спортсменов являлось ощущение затрудненного дыхания после физической нагрузки: у 2 (4%) – несколько раз в неделю; у 10 (20%) – реже нескольких раз в неделю. У 5 (10%) спортсменов бывали эпизоды затрудненного дыхания, дискомфорт, чувство тяжести или сдавления в груди реже нескольких раз в неделю, что является неблагоприятным фактором риска по развитию бронхиальной астмы [8].

Показатели биохимического анализа крови коррелировали с уровнем физической натренированности и данными о распространенности аллергических реакций среди спортсменов.

Глюкоза крови коррелировала с исходным САД ( $R=0,47$ ), исходным пульсом ( $R=0,33$ ), пульсом спустя 1 минуту после пробы Руфье ( $R=0,29$ ), ИР ( $R=0,3$ ). Уровень мочевины обратно коррелировал с ИР ( $R=0,29$ ). Уровни кальция, КФК, ГГТП, коррелировали с исходным САД ( $R=0,34-0,34-0,35$ ). Уровень кальция был выше при более высоком исходном ДАД ( $R=0,32$ ). Показатели ПБ, АЛАТ, ГГТП, кальция крови, ОБ, КФК коррелировали с САД после

проведения пробы Руфье ( $R=0,28-0,29-0,3-0,33-0,38-0,47$ ).

Уровень КФК и показатели работы печени обратно коррелировали с количеством эпизодов затрудненного дыхания ( $R=0,38$ ), что свидетельствует о появлении дыхательной недостаточности при нехватке фермента, необходимого для выработки энергии.

### Выводы

1. Показатели физической натренированности обследованных спортсменов соответствовали норме, однако у 26% спортсменов индекс Руфье достигал лишь удовлетворительных значений, недостаточных для профессионального спорта.
2. Обнаружены нарушения в метаболизме спортсменов: снижение индекса атерогенности у 70%, уровня мочевой кислоты и глобулинов у 12% участников; повышение общего и прямого билирубина у 28-32%, креатинфосфокиназы у 42% обследованных, что свидетельствует о нарушении восстановления после физических нагрузок и травм.
3. Повышенные физические нагрузки оказывали влияние на состояние Т-клеточного звена иммунитета (относительное количество Т-лимфоцитов было снижено у 20%, CD4-Т-лимфоцитов – у 24%, Т-лимфоциты активные были повышены у 12% спортсменов; иммунорегуляторный индекс был повышен у 8%, понижен – у 14%).
4. Обследованные спортсмены часто болели острыми инфекциями: 52% перенесли ОРВИ, в т.ч. Covid-19, острые кишечные инфекции за последние 3 месяца, 84% – за последние 12 месяцев.
5. Спортсмены отмечали ощущение затрудненного дыхания после физической нагрузки (20% – реже нескольких раз в неделю, 4% – несколько раз в неделю), эпизоды удушья – 10% спортсменов, то есть находились в группе риска развития бронхиальной астмы.
6. Обнаружена прямая корреляция между глюкозой крови, печеночными показателями, уровнем кальция, креатинфосфокиназы и показателями пульса и артериального давления до и после пробы Руфье.
7. Уровни креатинфосфокиназы и печеночных показателей обратно коррелировали с количеством эпизодов затрудненного дыхания.

## Литература

1. Venkatraman J.T., Pendergast D.R. Effect of Dietary Intake on Immune Function in Athletes. *Sports Med.* 2002; 32 (5): 323-337.
2. Макарова С.Г., Чумбадзе Т.Р., Поляков С.Д. Особенности питания юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. *Вопросы современной педиатрии.* 2015; 14 (3): 332–340.
3. Малёваная И.А. и др. Основные принципы организации питания спортсмена: метод. Рекомендации. Респ. науч.-практ. центр спорта. Минск: БГУФК, 2019, 79 с.
4. Захаревич А.Л. и др. Максимальное нагрузочное тестирование в практике спортивной медицины: практ. пособие. Минск: РНПЦ спорта. 2018, 7 с.
5. Tiller N.B. et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2019: 1–23.
6. Осочук С.С., Марцинкевич А.Ф. Состав, физико-химические свойства липопротеиновых комплексов крови и спектр жирных кислот некоторых фосфолипидов мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта. *Проблемы здоровья и экологии.* 2014; №1(39): 26-31.
7. Moreno Y., Rawson E.S., Forero D.A. et al. A Convergent Functional Genomics Analysis to Identify Biological Regulators Mediating Effects of Creatine Supplementation. *Nutrients.* 2021 Jul 23;13(8):2521.
8. Шартанова Н.В., Лусс Л.В., Ильина Н.И. Клинико-эпидемиологические аспекты аллергопатологии у спортсменов высших достижений. *Аллергология.* 2004; №2: 17-21.

## Сведения об авторах

Прохоренко Роман Валерьевич - очный аспирант кафедры клинической иммунологии и аллергологии с курсом ФПК и ПК ВГМУ.  
Аляхнович Наталья Сергеевна - к.м.н., доцент кафедры клинической иммунологии и аллергологии с курсом ФПК и ПК ВГМУ.  
Патрина Анна Владимировна - врач-интерн.

Поступила 1.04.2022 г.