



Оригинальная статья

Скрининг сердечно-сосудистых заболеваний у профессиональных спортсменов и роль лейкоцитарных индексов в прогнозировании неблагоприятных исходов тренировочного и соревновательного процессов

Суздалева И.А.^{1,2} • Чернова А.А.^{1,2} • Лукьянова Н.А.¹ • Кардашова О.О.² •
Верещагина С.В.² • Никулина С.Ю.¹

Актуальность. У профессиональных спортсменов заболеваемость со стороны сердечно-сосудистой системы зависит не только от вида спорта, но и от пола, возраста, этнических особенностей, стратегии скрининга, уровня физической нагрузки, ее частоты, длительности и интенсивности. В качестве маркеров перетренированности используют биохимические, иммунологические, гормональные и психологические показатели, однако они не обладают необходимой точностью для прогнозирования развития перетренированности. В этой связи перспективными маркерами представляются лейкоцитарные индексы, рассчитываемые на основании данных общего анализа крови.

Цель – провести скрининг сердечно-сосудистых заболеваний в группе профессиональных спортсменов с помощью стандартных кардиологических методов исследования, оценить прогностическую значимость лейкоцитарных индексов в диагностике эндогенного воспаления, перетренированности и сопоставить значения лейкоцитарных индексов с результатами соревновательной деятельности спортсменов.

Материал и методы. Проведено наблюдательное поперечное выборочное одномоментное неконтролируемое исследование. В период с сентября 2021 по август 2022 г. амбулаторно обследованы 180 профессиональных спортсменов высокой спортивной квалификации, занимающихся высокостатистическими видами спорта (исключали контактные виды спорта – единоборства, хоккей на льду, футбол). Всем спортсменам проводили общий анализ крови (взятие крови осуществляли за 2–3 суток до выступления) с последующим подсчетом гематологических лейкоцитарных индексов: SIRI (индекс ответа на системное воспаление), SII (индекс системного воспаления), AISI (совокупный индекс системного воспаления), NLR (отношение нейтрофилов к лимфоцитам), PLR (отношение тромбоцитов к лимфоцитам), MLR (отношение моноцитов к лимфоцитам), LII (лейкоцитарный индекс интоксикации), LI (лимфоцитарный индекс), ISLM (индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов). Выполнено

инструментальное исследование сердечно-сосудистой системы, включавшее электрокардиографию (ЭКГ), суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру, суточное мониторирование артериального давления (АД), нагрузочную велоэргометрическую пробу и эхокардиографию (ЭхоКГ). Конечными точками исследования были неблагоприятные события, произошедшие на соревнованиях: 1) спортивный травматизм во время выступления (оценка штатного врача сборной команды); 2) ухудшение спортивного результата по сравнению с тем, который спортсмен показывал во время тренировки (оценка группы тренеров).

Результаты. Когорту составили 180 профессиональных спортсменов высокой квалификации (спортивное ориентирование, горные лыжи, биатлон, легкая атлетика, плавание), средний возраст – $20,55 \pm 2,69$ года, из них 42,2% ($n = 76$) женщин и 57,8% ($n = 104$) мужчин. По данным суточного мониторирования АД выявлен высокий процент лиц с разной степенью артериальной гипертензии (АГ): мягкая АГ преимущественно в ночные часы зафиксирована в 18,3% ($n = 33$) наблюдений, тяжелая АГ в ночное время – в 7,2% ($n = 13$). По данным 24-часового холтеровского мониторирования ЭКГ зарегистрированы следующие нарушения сердечного ритма и проводимости: в 15% ($n = 27$) – неполная блокада правой ножки пучка Гиса, в 48,3% ($n = 87$) – синусовая аритмия, в 7,8% ($n = 14$) – предсердный ритм. По результатам ЭхоКГ наиболее частым изменением была верхушечная или срединная хорда левого желудочка (44,4%, $n = 80$). У 13 (7,2%) человек проведение велоэргометрической нагрузочной пробы было прекращено в связи с неадекватным подъемом диастолического АД.

Среди 90 спортсменов, у которых получена валидная оценка развития спортивного травматизма, спортивная травма случилась у 26 (28,9%). Ухудшение спортивного результата зафиксировано в 39 (48,1%) случаях из 81 анкеты, доступной для анализа. Статистически значимыми предикторами ухудшения спортивного результата

оказались повышенные значения SIRI, SII, AISI, NLR, PLR, MLR. С ухудшением спортивного результата на соревновании были ассоциированы значения $SIRI \geq 2,097$ (чувствительность – 53,85%, специфичность – 85,71%; $AUC = 0,713$, $p < 0,001$), $SII \geq 616,95$ (чувствительность – 56,41%, специфичность – 76,19%; $AUC = 0,705$, $p < 0,001$), $AISI \geq 180,15$ (чувствительность – 97,44%, специфичность – 45,24%; $AUC = 0,733$, $p < 0,001$). ИСЛМ $\geq 4,44$ показал чувствительность 100,00% и специфичность 60,94% в прогнозировании спортивного травматизма ($AUC = 0,870$, $p < 0,001$).

Заключение. При проведении углубленного медицинского обследования спортсменов необходим предварительный скрининг сердечно-сосудистых заболеваний, направленный прежде всего на выявление нарушений, ассоциированных с внезапной сердечной смертью. ИСЛМ (пороговое значение $\geq 4,44$), отражающий взаимоотношение афферентного и эфферентного звеньев иммунологического процесса, можно рассматривать как перспективный маркер риска спортивного травматизма.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, артериальная гипертензия, нарушения ритма, лейкоцитарные индексы, спортсмены, синдром перетренированности

Для цитирования: Суздалева ИА, Чернова АА, Лукьянова НА, Кардашова ОО, Верещагина СВ, Никулина СЮ. Скрининг сердечно-сосудистых заболеваний у профессиональных спортсменов и роль лейкоцитарных индексов в прогнозировании неблагоприятных исходов тренировочного и соревновательного процессов. Альманах клинической медицины. 2025;53(3). doi: 10.18786/2072-0505-2025-53-015.

Поступила 22.05.2025; доработана 13.10.2025; принята к публикации 18.10.2025; опубликована онлайн 27.10.2025



Суздаева Ирина Александровна – аспирант кафедры факультетской терапии¹, зав. отделением медицинской профилактики Медицинского центра Сибирского федерального университета²;
ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-3860-1131>
✉ 660037, г. Красноярск, ул. Коломенская, 26, Российская Федерация. E-mail: irina-ler@bk.ru

Чернова Анна Александровна – д-р мед. наук, профессор кафедры факультетской терапии¹; руководитель отдела науки и инноваций²;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2977-1792>.
E-mail: anechkachernova@yandex.ru

Лукьянова Наталья Александровна – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики¹;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0477-3938>.
E-mail: nalukyanovakrsk@gmail.com

Кардашова Оксана Олеговна – зав. терапевтическим отделением Медицинского центра Сибирского федерального университета²;

ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-5453-8535>.
E-mail: kardashova.oks@yandex.ru

Верещагина Светлана Викторовна – канд. мед. наук, зав. отделом лабораторной диагностики²;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-8838>.
E-mail: vereschagina_sv@skc-fmba.ru

Никулина Светлана Юрьевна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой факультетской терапии¹;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6968-7627>.
E-mail: nicoulina@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1, Российская Федерация

² ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»; 660037, г. Красноярск, ул. Коломенская, 26, Российская Федерация

Регулярный высокий объем тренировочных нагрузок у профессиональных спортсменов сопряжен с сердечно-сосудистым риском, включая внезапную сердечную смерть [1, 2]. Неблагоприятные постнагрузочные процессы в левом желудочке связаны прежде всего с острыми реакциями на высокоинтенсивную физическую активность, следствием которых становится фиброз миокарда, его структурная перестройка и отек. Длительные чрезмерные физические нагрузки приводят к расширению камер сердца, гипертрофии миокарда с развитием необратимых изменений по типу ремоделирования различного уровня и, как следствие, снижению спортивных результатов и качества жизни спортсменов [3]. Раннее выявление возможных нарушений сердечно-сосудистой системы у спортсменов позволит снизить заболеваемость и смертность.

На фоне интенсивных физических нагрузок происходят изменения со стороны иммунной системы, воспалительные процессы в скелетных мышцах и другие компенсаторно-приспособительные реакции. Любое физическое упражнение связано с микротравмами скелетных мышц, в ответ на которые запускается каскад клеточных реакций, направленных на восстановление поврежденных тканей. При интенсивной физической нагрузке у всех спортсменов возникает острое или хроническое утомление, что приводит к угнетению врожденного иммунитета [4], развитию синдрома перетренированности, обусловленного системным воспалением [5], а также к эндогенной интоксикации, представляющей собой патофизиологическое накопление токсических веществ в процессе метаболизма в собственных

тканях. Субстратом данных реакций может быть вполне инертное с биологической точки зрения вещество, при синтезе которого образуются токсические продукты, значимо нарушающие гомеостаз организма. Причин эндогенной интоксикации множество, например, повышенное содержание продуктов метаболизма, повреждение белковых и липидных структур в ответ на нагрузку.

Гематологические и биохимические показатели крови отражают как степень адаптации организма спортсменов к спортивным нагрузкам, так и срыв адаптационных возможностей организма к предъявляемым нагрузкам [6, 7]. В качестве ответа на сверхпороговые нагрузки у спортсменов высоких достижений часто в клиническом анализе крови регистрируют изменение лейкоцитарной формулы, а именно увеличение числа нейтрофилов и лимфоцитов [8]. Формой представления результатов таких изменений может быть расчет интегральных индексов. Известно, что значение лейкоцитарных индексов напрямую зависит от уровня эндогенной интоксикации. Различные индексы в той или иной степени отражают характер физиологического ответа иммунной системы. В этой связи они представляют интерес с точки зрения детального анализа нормальных и патологических реакций организма на стресс, обусловленный значительными физическими нагрузками.

Показатели заболеваемости со стороны сердечно-сосудистой системы у спортсменов зависят не только от вида спорта, но и от пола, возраста, этнических особенностей, стратегии скрининга. В спортивной медицине маркеры воспаления часто используются для измерения нагрузки при физических упражнениях и процессов восстановления.



Маркеры воспаления, отражающие индивидуальную кинетику восстановления, оцениваются для улучшения программы тренировок путем корректировки их характеристик в зависимости от индивидуального состояния восстановления [9]. Вместе с тем значимость лейкоцитарных индексов в оценке адекватности физических упражнений биологическим резервам организма спортсмена не определена.

На сегодня не разработана единая система диагностики перетренированности с использованием группы клиничко-лабораторных показателей. Выявлено небольшое количество ранних маркеров перетренированности спортсмена, в основном это биохимические, иммунологические, гормональные и психологические показатели, отмечается несистематическое их использование в клинической практике. В свою очередь, выявление прогностически значимых референсных значений для таких критериев поможет более рационально планировать физическую подготовку спортсменов и выстраивать индивидуальный график тренировочного процесса с учетом частоты, длительности и интенсивности нагрузок. И хотя в литературе нет четких критериев термина «перетренированность», не возникает сомнения в том, что истощение резервных возможностей организма в результате сверхпороговых нагрузок является значимым фактором ухудшения результата, травматизма, субъективного ощущения утомления.

Цель настоящего исследования – провести скрининг сердечно-сосудистых заболеваний в группе профессиональных спортсменов с помощью стандартных кардиологических методов исследования, оценить прогностическую значимость лейкоцитарных индексов в диагностике эндогенного воспаления, перетренированности и сопоставить значения лейкоцитарных индексов с результатами соревновательной деятельности спортсменов.

Материал и методы

В обзорное поперечное выборочное одномоментное неконтролируемое исследование включено 180 профессиональных спортсменов высокой спортивной квалификации, прошедших в период с сентября 2021 по август 2022 г. обследование на базе поликлиники ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России). Дизайн исследования представлен на рис. 1.

В исследование включали профессиональных спортсменов обоих полов, занимающихся высокодинамическими видами спорта (по классификации

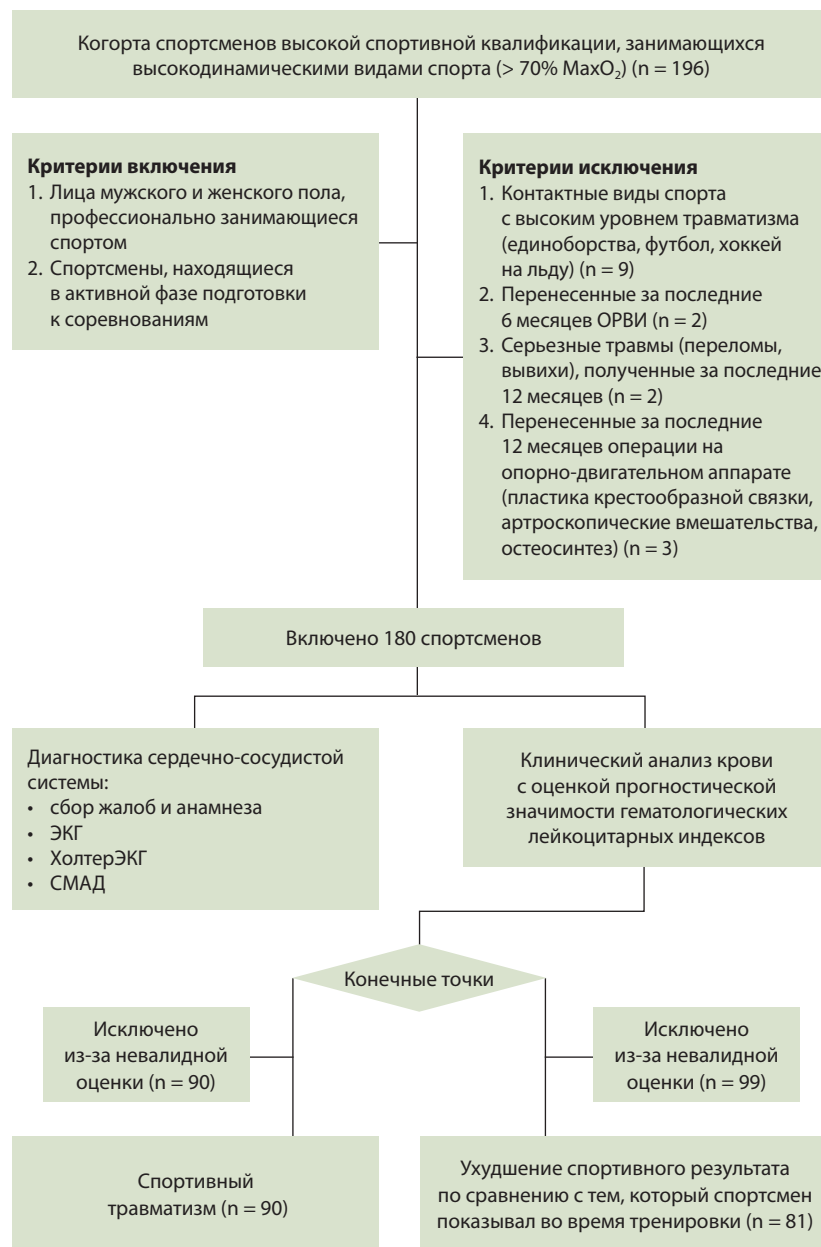


Рис. 1. Схема обзорного поперечного выборочного неконтролируемого исследования. MaxO₂ – максимальное потребление кислорода, ОРВИ – острые респираторные вирусные инфекции, СМАД – суточное мониторирование артериального давления, ХолтерЭКГ – 24-часовое холтеровское мониторирование электрокардиограммы, ЭКГ – электрокардиография

J.H. Mitchell и соавт. [10]: > 70% MaxO₂ – максимального потребления кислорода) и находящихся в активной фазе подготовки к соревнованиям. Критерии исключения: контактные виды спорта с высоким уровнем травматизма (единоборства, футбол, хоккей на льду); перенесенные за последние 6 месяцев острые респираторные вирусные инфекции; серьезные травмы, полученные за последний



год (переломы, вывихи); перенесенные за последний год операции на опорно-двигательном аппарате (пластика крестообразной связки, артроскопические вмешательства, остеосинтез).

В Медицинском центре Сибирского федерального университета врачами ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России группе профессиональных спортсменов, после подписания информированного согласия на обследование, был проведен терапевтический и кардиологический осмотр и инструментальное обследование сердечно-сосудистой системы с целью выявления факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и сердечно-сосудистой патологии.

Всем участникам исследования проведены сбор жалоб и анамнеза, выполнены электрокардиография (ЭКГ), 24-часовое холтеровское мониторирование ЭКГ, суточное мониторирование артериального давления (АД), нагрузочная велоэргометрическая проба и эхокардиография (ЭхоКГ). По данным ЭКГ определяли частоту сердечных сокращений, наличие или отсутствие нарушений сердечного ритма и проводимости, отклонения электрической оси сердца, ишемических изменений, признаков гипертрофии миокарда предсердий и желудочков. Анализ 24-часового холтеровского мониторирования ЭКГ был направлен на верификацию синусовой аритмии, предсердного ритма, миграции водителя ритма по предсердиям, атриовентрикулярных блокад разной степени, нарушений проведения по правой и левой ножке пучка Гиса, пароксизмальных нарушений сердечного ритма, клинически значимых наджелудочковых и желудочковых эктопий. По данным суточного мониторирования АД проведена оценка среднего дневного и ночного показателя систолического и диастолического АД (САД и ДАД), на основании которого было сделано заключение о наличии степени повышения АД (мягкая, умеренная, тяжелая артериальная гипертензия (АГ)). Анализировали также показатели индекса времени гипертензии в дневные и ночные часы, максимальные цифры САД и ДАД ночью и днем, вариабельность АД в различное время суток, индекс Карио. По данным нагрузочной велоэргометрической пробы выявляли признаки гипертензионного синдрома. При анализе ЭхоКГ определяли наличие структурных аномалий, признаков ремоделирования, гипертрофии желудочков или предсердий, наличие либо отсутствие зон снижения региональной или глобальной сократимости, патологии клапанного аппарата.

Всем включенным в исследование спортсменам проведено клиничко-лабораторное обследование, предусмотренное методическими рекомендациями «Оценка и интерпретация биохимических

показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности» 2018 г.¹, общий анализ крови выполняли на гематологическом анализаторе MEK 7222 (Nihon Kohden, Япония).

Взятие крови на анализ осуществляли в период максимально интенсивной подготовки к соревнованиям – во время спортивных сборов за 2–3 суток до выступления. Медиана времени от сбора клинического анализа крови до выступления на соревнованиях составила 48 [18; 55,6] часов.

На основании данных клинического анализа крови рассчитывали следующие лейкоцитарные индексы:

- SIRI (англ. system inflammation response index – индекс ответа на системное воспаление) = количество нейтрофилов × количество моноцитов ÷ количество лимфоцитов;
- SII (англ. systemic immune inflammation index – индекс системного воспаления) = количество нейтрофилов × количество тромбоцитов ÷ количество лимфоцитов;
- AISI (англ. aggregate index of systemic inflammation – совокупный индекс системного воспаления) = количество нейтрофилов × количество моноцитов × количество тромбоцитов ÷ количество лимфоцитов;
- NLR (англ. neutrophil-to-lymphocyte ratio – отношение нейтрофилов к лимфоцитам) = количество нейтрофилов ÷ количество лимфоцитов;
- PLR (англ. platelet-to-lymphocyte ratio – отношение тромбоцитов к лимфоцитам) = количество тромбоцитов ÷ количество лимфоцитов;
- MLR (англ. monocyte-to-lymphocyte ratio – отношение моноцитов к лимфоцитам) = количество моноцитов ÷ количество лимфоцитов.

Кроме того, вычисляли ряд дополнительных гематологических интегральных показателей:

- лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ) как показатель процессов тканевой дегенерации и уровня эндогенной интоксикации. Определяли по формуле: $ЛИИ = \frac{NE}{M + Pl. кл. + Y + P + C} \times \frac{LY + Eo + Ba + MO}{NE}$. Здесь и далее в формулах относительное содержание клеток в общем анализе крови: NE – нейтрофилы, M – миелоциты, Pl. кл. – плазматические клетки, Y – юные, P – палочкоядерные, C – сегментоядерные, LY – лимфоциты, Eo – эозинофилы, Ba – базофилы, MO – моноциты;
- лимфоцитарный индекс (ЛИ). Рассчитывали как отношение содержания лимфоцитов к нейтрофилам: $ЛИ = \frac{LY}{NE}$;
- индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ), отражающий взаимоотношение



аффекторного и эффекторного звеньев иммунологического процесса. Рассчитывали как отношение содержания лимфоцитов к моноцитам: $ИСЛМ = LY / MO$.

Для прогнозирования результатов тренировочной и соревновательной деятельности по лейкоцитарным индексам использовали следующие конечные точки:

- 1) спортивный травматизм во время выступления (оценивал штатный врач сборной команды);
- 2) ухудшение спортивного результата по сравнению с тем, который показывал спортсмен во время тренировки (оценивали три тренера путем сравнения результатов, которые демонстрировал спортсмен на этапе интенсивной подготовки к соревнованиям, непосредственно с результатами выступлений).

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России (протокол № 56/2022 от 05.10.2022), заключившим, что оно не противоречит нормам деонтологии.

Статистический анализ. Размер выборки предварительно не рассчитывали. Для описания количественных данных использовали медианные значения («центр тяжести») с указанием интерквартильного размаха в виде $Me (P_{25}; P_{75})$, так как распределение было отличным от нормального (при тесте Колмогорова – Смирнова). Для описания возраста применяли среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение ($\pm SD$), поскольку распределение было нормальным. Проверку наличия статистически значимых различий в независимых группах выполняли с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Для оценки диагностической значимости признаков (лейкоцитарные индексы) при прогнозировании конечных точек применяли анализ ROC-кривых, результат которого представлен как площадь под кривой (англ. area under the curve, AUC), уровень статистической значимости (p) и 95% доверительные интервалы (ДИ). Оптимальную точку отсечения определяли по наибольшему индексу Юдена, для нее оценивали индексы чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Статистически значимым различием считали $p < 0,05$. Статистический анализ проводили на языке программирования Python (версия 3.10.12) в среде Google Colaboratory.

Результаты

В исследовании приняли участие 180 спортсменов высокой спортивной квалификации, профессионально занимающихся высокодинамическими видами спорта: спортивным ориентированием, горными лыжами, биатлоном, легкой атлетикой,

плаванием. Средний возраст – $20,55 \pm 2,69$ года. В целях анализа участников разделили на две подгруппы по половому признаку: женщины составили 42,2% ($n = 76$), мужчины – 57,8% ($n = 104$). На момент проведения исследования у спортсменов не зафиксировано инфекционной и/или острой соматической патологии.

По результатам клиничко-инструментального исследования выявлены следующие изменения со стороны сердечно-сосудистой системы. По данным ЭКГ у 53 (29,4%) из 180 спортсменов в покое зарегистрированы нарушения сердечного ритма и проводимости: в 13 (7,2%) случаях – синусовая брадикардия, в 27 (15%) – неполная блокада правой ножки пучка Гиса, в 7 (3,9%) – синдром преждевременной реполяризации желудочков, в 6 (3,3%) – сочетание синусовой брадикардии и полной блокады правой ножки пучка Гиса.

Результаты 24-часового холтеровского мониторинга ЭКГ показали наличие синусовой аритмии у 87 (48,3%) спортсменов, атриовентрикулярной блокады 1-й степени – у 13 (7,2%), миграции водителя ритма по предсердиям – у 12 (6,7%), предсердного ритма – у 14 (7,8%), эпизодов наджелудочковой тахикардии длительностью до 30 секунд – у 7 (3,9%). Ускоренного идиовентрикулярного ритма не зарегистрировано.

При проведении суточного мониторинга АД у 33 (18,3%) спортсменов выявлена мягкая АГ, преимущественно в ночные часы, у 13 (7,2%) – тяжелая АГ в ночное время, у 27 (15%) отмечены пограничные значения САД и ДАД.

У 13 (7,2%) человек проведение велоэргометрической нагрузочной пробы было прекращено в связи с неадекватным подъемом ДАД; у 15 (8,3%) в период отдыха фиксировались единичные желудочковые или наджелудочковые экстрасистолы.

У 100 (55,6%) обследуемых верифицированы следующие структурные изменения при проведении ЭхоКГ: у 80 (44,4%) – верхушечная или срединная хорда левого желудочка, у 20 (11,1%) – пролапс митрального клапана 1-й или 2-й степени, у 3,7% – гипертрофия левого желудочка на основании индекса массы миокарда левого желудочка, у 3,7% – дилатация левого предсердия.

Результаты клинического анализа крови и рассчитанные на его основании показатели индексов системного воспаления приведены в табл. 1. При анализе значений индексов SII, AISI, NLR, PLR, MLR, ИСЛМ и ИСЛЭ не выявлено гендерных различий, в отличие от ЛИИ и ЛИ (табл. 2), которые были исключены из дальнейшего анализа, так как их показатели могли повлиять на прогнозирование неблагоприятных событий.



При оценке конечных точек часть спортсменов была исключена ввиду невалидной оценки тренерским составом.

Частота встречаемости конечных точек составила:

- спортивный травматизм во время выступления – 26 (28,9%) случаев из 90 валидных наблюдений;
- ухудшение спортивного результата по сравнению с тем, который показывал спортсмен во время тренировки, – 39 (48,1%) случаев из 81 наблюдения, доступного к анализу и оценке.

Таблица 1. Результаты клинического анализа крови и вычисленные на их основе интегральные показатели

Показатель	Значение, Ме [P ₂₅ ; P ₇₅]
Клинический анализ крови	
Гемоглобин, г/л	134,406 [111,3; 152,1]
Гематокрит, %	39,584 [34,3; 42,2]
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,8 [5,1; 7,9]
Нейтрофилы, 10 ⁹ /л	4,216 [3,2; 4,9]
Нейтрофилы, %	60,302 [52,45; 68,5]
Моноциты, 10 ⁹ /л	0,730 [0,54; 0,89]
Моноциты, %	8,463 [5,3; 10,74]
Лимфоциты, 10 ⁹ /л	1,803 [1,34; 2,11]
Лимфоциты, %	28,635 [21,34; 32,21]
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	215,333 [156,25; 244,52]
Гематологические лейкоцитарные индексы	
SIRI	1,44 [0,9; 2,16]
SII	466,38 [127,14; 684]
AISI	280,4 [180,15; 561,14]
NLR	2,26 [1,6; 3,03]
PLR	119 [93,81; 137,7]
MLR	0,34 [0,27; 0,46]
ИСЛМ	4,64 [3,85; 5,73]
ЛИ	0,76 [0,59; 0,96]
ЛИИ	1,01 [0,82; 1,25]

AISI (aggregate index of systemic inflammation) – совокупный индекс системного воспаления, MLR (monocyte-to-lymphocyte ratio) – отношение моноцитов к лимфоцитам, NLR (neutrophil-to-lymphocyte ratio) – отношение нейтрофилов к лимфоцитам, PLR (platelet-to-lymphocyte ratio) – отношение тромбоцитов к лимфоцитам, SII (systemic immune inflammation index) – индекс системного воспаления, SIRI (system inflammation response index) – индекс ответа на системное воспаление, ИСЛМ – индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов, ЛИ – лимфоцитарный индекс, ЛИИ – лейкоцитарный индекс интоксикации

Статистически значимые гендерные различия во встречаемости неблагоприятных событий отмечены только для ухудшения спортивного результата, которое регистрировали чаще у мужчин – в 60% случаев против 33% у женщин ($p < 0,05$). Маркеры системного воспаления были диагностически значимыми только для прогнозирования ухудшения спортивного результата (табл. 3, рис. 2). При этом значимыми предикторами при прогнозировании ухудшения спортивного результата на соревнованиях были значения $SIRI \geq 2,097$ (чувствительность – 53,85%, специфичность – 85,71%), $SII \geq 616,95$ (чувствительность – 56,41%, специфичность – 76,19%), $AISI \geq 180,15$ (чувствительность – 97,44%, специфичность – 45,24%), $NLR \geq 2,589$ (чувствительность – 58,97%, специфичность – 69,05%), $PLR \geq 105,99$ (чувствительность – 76,92%, специфичность – 52,38%), $MLR \geq 0,299$ (чувствительность – 82,05%, специфичность – 45,24%). Из дополнительных рассмотренных нами индексов пороговое значение $ИСЛМ \geq 4,44$ с чувствительностью 100,00% и специфичностью 60,94% ($p < 0,001$) позволяло прогнозировать спортивный травматизм.

Обсуждение

Обнаруженные нами при обследовании профессиональных спортсменов нарушения сердечного ритма и проводимости – синусовая аритмия, миграция водителя ритма по предсердиям, эпизоды предсердного ритма, наличие атриовентрикулярных и внутрижелудочковых блокад сердца – указывают на необходимость динамического наблюдения и должны учитываться при индивидуальной организации тренировочного процесса. Мягкая и умеренная АГ, в том числе ночная, выявленная в когорте профессиональных спортсменов по данным суточного мониторинга АД, служит маркером перетренированности и показанием к углубленному обследованию, направленному на обнаружение факторов риска АГ, определение поражения органов-мишеней и стратификацию сердечно-сосудистого риска. Применение велоэргометрических нагрузочных проб позволило диагностировать скрытую диастолическую гипертензию, провоцируемую физической нагрузкой, что также стратифицирует этих спортсменов в группы повышенного сердечно-сосудистого риска. Наше исследование показало, что гематологические лейкоцитарные индексы, рассчитанные на основании показателей общего анализа крови, будучи недорогим и легко воспроизводимым методом, могут служить маркерами нарушения иммунного статуса и перетренированности спортсменов.

Физические упражнения усиливают вызванные стрессом изменения в иммунной и нейро-

**Таблица 2.** Гендерные различия в показателях лейкоцитарных индексов

Параметр, Ме [P ₂₅ ; P ₇₅]	Группа женщин (n = 76)	Группа мужчин (n = 104)	Значение p (критерий Манна – Уитни)
SIRI	1,44 [0,9; 2,16]	1,42 [0,8; 2,2]	0,35
SII	465,5 [127,24; 674]	466,38 [127,14; 684]	0,2523
AISI	281,0 [181,15; 564,4]	280,4 [180,15; 561,14]	0,252
NLR	2,27 [1,7; 3,03]	2,26 [1,6; 3,03]	0,6
PLR	119 [93,81; 137,7]	119 [93,81; 137,7]	0,25
MLR	0,35 [0,26; 0,46]	0,34 [0,24; 0,46]	0,568
ИСЛМ	4,50 [3,67; 5,74]	4,88 [3,98; 5,64]	0,35
ЛИ	0,67 [0,55; 0,88]	0,83 [0,66; 1,01]	0,003
ЛИИ	1,13 [0,89; 1,39]	0,93 [0,78; 1,18]	0,002

AISI (aggregate index of systemic inflammation) – совокупный индекс системного воспаления, MLR (monocyte-to-lymphocyte ratio) – отношение моноцитов к лимфоцитам, NLR (neutrophil-to-lymphocyte ratio) – отношение нейтрофилов к лимфоцитам, PLR (platelet-to-lymphocyte ratio) – отношение тромбоцитов к лимфоцитам, SII (systemic immune inflammation index) – индекс системного воспаления, SIRI (system inflammation response index) – индекс ответа на системное воспаление, ИСЛМ – индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов, ЛИ – лимфоцитарный индекс, ЛИИ – лейкоцитарный индекс интоксикации

Таблица 3. Результаты ROC-анализа для оценки чувствительности и специфичности лейкоцитарных индексов

Конечная точка исследования / параметр	Порог отсечения	AUC (ДИ)	Чувствительность, %	Специфичность, %	Значение p
Спортивный травматизм					
SIRI	≥ 0,772	0,498 (0,366; 0,630)	92,31	18,75	0,973
SII	≥ 258,881	0,464 (0,333; 0,595)	96,15	10,94	0,493
AISI	≥ 164,410	0,469 (0,338; 0,600)	84,62	23,44	0,560
NLR	≥ 2,843	0,493 (0,361; 0,625)	38,46	71,88	0,900
PLR	≥ 116,839	0,482 (0,350; 0,614)	61,54	50,00	0,732
MLR	≥ 0,220	0,471 (0,340; 0,602)	100,0	7,81	0,580
ИСЛМ	≥ 4,440	0,870 (0,777; 0,963)	100,0	60,94	< 0,001
Ухудшение спортивного результата					
SIRI	≥ 2,097	0,713 (0,600; 0,826)	53,85	85,71	< 0,001
SII	≥ 616,95	0,705 (0,591; 0,819)	56,41	76,19	< 0,001
AISI	≥ 180,15	0,733 (0,623; 0,843)	97,44	45,24	< 0,001
NLR	≥ 2,589	0,652 (0,532; 0,772)	58,97	69,05	0,004
PLR	≥ 105,99	0,638 (0,517; 0,759)	76,92	52,38	0,010
MLR	≥ 0,299	0,664 (0,545; 0,782)	82,05	45,24	0,002
ИСЛМ	≥ 4,410	0,476 (0,350; 0,603)	66,67	40,48	0,668

AISI (aggregate index of systemic inflammation) – совокупный индекс системного воспаления, AUC (area under the curve) – площадь под кривой, MLR (monocyte-to-lymphocyte ratio) – отношение моноцитов к лимфоцитам, NLR (neutrophil-to-lymphocyte ratio) – отношение нейтрофилов к лимфоцитам, PLR (platelet-to-lymphocyte ratio) – отношение тромбоцитов к лимфоцитам, SII (systemic immune inflammation index) – индекс системного воспаления, SIRI (system inflammation response index) – индекс ответа на системное воспаление, ДИ – доверительный интервал, ИСЛМ – индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов

Чувствительность – доля правильно идентифицированных положительных результатов от их общего числа; специфичность – доля правильно идентифицированных отрицательных результатов от их общего числа

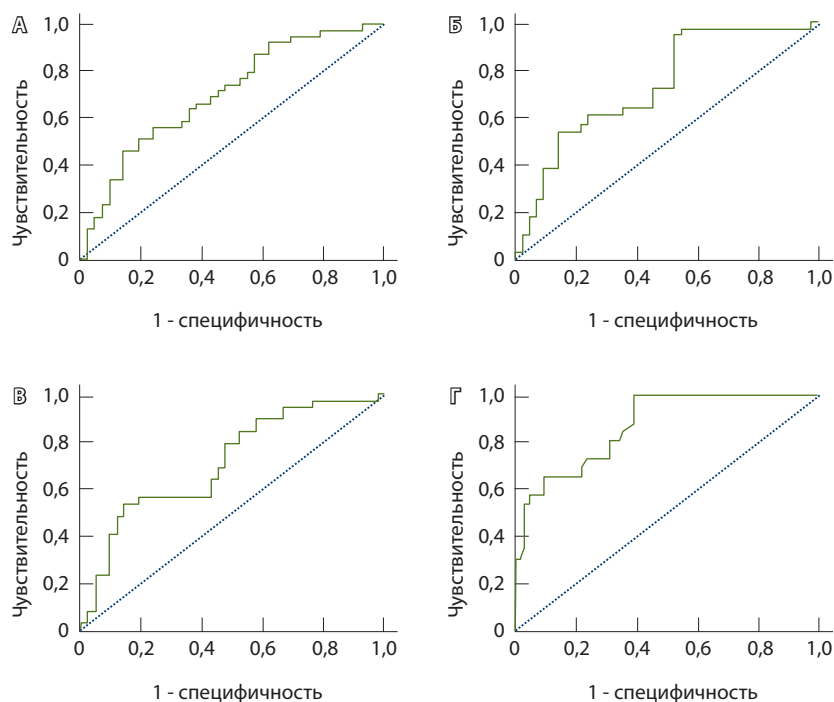


Рис. 2. Результаты ROC-анализа для прогнозирования ухудшения спортивного результата (А – ROC-кривая для SII, AUC = 0,705; Б – ROC-кривая для SIRI, AUC = 0,713) и для прогнозирования спортивного травматизма (В – ROC-кривая для AISLM, AUC = 0,733) и для прогнозирования спортивного травматизма (Г – ROC-кривая для AISLM, AUC = 0,870). AISI (aggregate index of systemic inflammation) – совокупный индекс системного воспаления, SII (systemic immune inflammation index) – индекс системного воспаления, SIRI (system inflammation response index) – индекс ответа на системное воспаление, AISLM – индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов

эндокринной системы, а также в уровне циркулирующих метаболитов, которые напрямую влияют на функции иммунных клеток [11]. Чем сильнее интенсивность тренировки, тем больше повышаются уровни адреналина и норадреналина в крови с последующей мобилизацией белых иммунных клеток [12]. За физическими нагрузками следует зависящее от их интенсивности повышение симпатической активности (например, высвобождение катехоламинов). Интенсивные физические упражнения мобилизуют лейкоциты. Это приводит к острому и непродолжительному лейкоцитозу, вызванному увеличением количества лимфоцитов, продуцируемых костным мозгом. Стойкий лейкоцитоз зависит от нейтрофилов. Лимфоциты и моноциты демонстрируют раннее увеличение; напротив, набор нейтрофилов не зависит от адренергических механизмов. Замедленное увеличение нейтрофилов может быть опосредовано уровнем кортизола в крови и/или связанным с физической нагрузкой повреждением тканей либо повышением уровня хемокинов [13]. Эти изменения зависят от интенсивности и продолжительности нагрузки.

При оценке перетренированности профессиональных спортсменов важно принимать во внимание уровень эндогенной интоксикации, информативным маркером которого может быть ЛИИ. Мы рассчитывали ЛИИ по формуле В.К. Островского и соавт. [14] (отношение суммы клеток миелоидного ряда в процентах к сумме остальных видов лейкоцитов), которая проще в вычислении, чем формула Я.Я. Кальф-Калифа [15]. Однако полученные нами статистически значимые различия ЛИИ, как и ЛИ, для мужчин и женщин не позволили оценить прогностическую значимость этих индексов. В качестве еще одного показателя, пригодного для описания иммунного воспаления, вызванного физическими нагрузками, мы рассматривали NLR (отношение нейтрофилов к лимфоцитам). D. Walzik и соавт. отметили, что в 9 из 11 проанализированных ими исследований в ответ на интенсивные физические нагрузки наблюдалось повышение NLR [9]. Из проанализированных нами лейкоцитарных индексов (SIRI, SII, AISI, NLR, PLR, MLR, AISLM) значимыми предикторами при прогнозировании ухудшения спортивного результата на соревнованиях оказались SIRI, SII, AISI, NLR, PLR, MLR (пороговые значения: SIRI $\geq 2,097$, SII $\geq 616,95$, AISI $\geq 180,15$, NLR $\geq 2,589$, PLR $\geq 105,99$, MLR $\geq 0,299$). Это комплексные показатели, которые могут зависеть от степени утомления нервной системы и свидетельствовать о снижении функционального резерва. Включение этих маркеров в параметры оценки состояния здоровья может позволить получить целостное представление о воспалении, вызванном физической нагрузкой, что отражается на клеточных изменениях в кровотоке. В соревновательном спорте эти маркеры могут облегчить диагностику процессов восстановления после физических нагрузок или помочь выявить периоды повышенного риска заражения или перетренированности и тем самым оптимизировать программы тренировок [9].

Сегодня данные о потенциальной ценности лейкоцитарных индексов в качестве маркеров клеточного иммунного воспаления, вызванного физической нагрузкой, ограничены. Однако благодаря небольшим временным, финансовым и инфраструктурным затратам, необходимым для оценки и расчета этих индексов, применение таких маркеров в условиях физической нагрузки представляется вполне возможным и простым в реализации. Благодаря внедрению лейкоцитарных индексов в стандартную оценку состояния спортсмена тренеры и врачи получают дополнительную информацию о его потребностях в восстановлении. Мы считаем, что это приведет к пересмотру представлений



об интенсивности, продолжительности и регулярности физических упражнений и что показатели активации лейкоцитов, повреждения эритроцитов, окислительного стресса и липидного профиля могут служить хорошими маркерами для определения предполагаемых защитных порогов.

Развитию интоксикации у профессиональных спортсменов на фоне высокой регулярной физической активности могут способствовать адаптивные метаболические перестройки, сопровождаемые повышением активности процессов перекисного окисления липидов и возникновением хронических воспалительных процессов в миокарде, а субстрат в виде сердечно-сосудистых заболеваний (АГ, нарушения сердечного ритма и проводимости) во время соревновательного процесса ухудшает состояние спортсмена и приводит к более высокому риску травм, ухудшению состояния здоровья вследствие декомпенсации имеющейся гипертензии и появлению жизнеугрожающих нарушений сердечного ритма.

По результатам обследования сердечно-сосудистой системы спортсменов, полученным в ходе настоящего исследования, выявлены сердечно-сосудистые заболевания, которые увеличивают риск травматизации, снижают спортивный результат и при интенсивных регулярных многократных физических нагрузках могут способствовать развитию более тяжелой степени АГ. Интенсивные занятия спортом не исключают вероятности развития АГ у спортсмена, несмотря на то что высокую физическую активность считают фактором первичной профилактики этой патологии. По данным исследования, проведенного под руководством А.В. Смоленского среди спортсменов – членов молодежной сборной России по академической гребле (средний возраст – $17,1 \pm 2,1$ года), АГ 1-й степени была диагностирована у 25,6% (у 12 из 47) [16]. В нашей когорте профессиональных спортсменов, занимающихся высокодинамическими видами спорта, мягкая АГ зарегистрирована у 18,3%, тяжелая АГ в ночное время – у 7,2%, а у 15% выявлены пограничные значения АД. Ночное повышение АД приводит к дезадаптивным расстройствам вегетативной нервной системы, что подтверждается повышенными уровнями гематологических лейкоцитарных индексов у обследованных нами спортсменов. Отметим также, что при проведении велоэргометрической нагрузочной пробы у 13 (7,2%) испытуемых исследование было прекращено в связи с неадекватным подъемом ДАД, у 15 (8,3%) в период отдыха фиксировались единичные желудочковые или наджелудочковые экстрасистолы. Характерно также, что проведение велоэргометрической нагрузочной

пробы – теста, при котором нагрузка косвенно эквивалентна таковой во время тренировки или соревнований, – выявило латентные, скрытые маркеры гипертензионного фактора, стало провоцирующим субстратом для раннего выявления АГ у профессионального спортсмена и признаков перетренированности.

А.В. Жолинский и соавт. проанализировали данные 15 464 спортсменов сборных команд; среди заболеваний системы кровообращения нарушения сердечного ритма встречались с наибольшей частотой – 36,6% [17]. Нами получены сходные результаты: при проведении ЭКГ нарушения сердечного ритма в покое зарегистрированы у 29,4% профессиональных спортсменов. Это свидетельствует о пользе скрининговой ЭКГ для выявления потенциально опасных нарушений сердечного ритма и проводимости, что, в свою очередь, позволяет выстроить вектор индивидуального тренировочного процесса с учетом имеющихся изменений на ЭКГ. Для более точной верификации нарушений сердечного ритма и проводимости, в том числе за счет вагусных влияний, которые невозможно учесть при одномоментном снятии ЭКГ, следует использовать холтеровское мониторирование ЭКГ. Кроме этого, определение клинически незначимых, несимптомных или малосимптомных пароксизмальных нарушений ритма имеет важное значение как фактор перетренированности и дифференциальной диагностики с наличием структурных аномалий проводящей системы сердца. По данным литературы, среди нарушений ритма сердца спортсменов без структурной патологии миокарда лидируют желудочковая экстрасистолия и брадиаритмии [18], что подтверждается результатами нашего исследования, согласно которым среди нарушений ритма сердца преобладали брадиаритмии.

Аэробные тренировки, независимо от их интенсивности, способствуют усилению воспалительных реакций в плазме крови. Субклиническое повреждение мышц вызывает острую воспалительную реакцию, которая приводит к ухудшению физической формы. Наши данные, как и работы других исследователей [11, 19–22], свидетельствуют о том, что интенсивные тренировки в условиях соревнований ассоциированы с высоким и продолжительным окислительным и протеолитическим стрессом, который может стать фактором повышенного риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Для хронического стресса, ассоциированного со снижением резистентности организма и сдвигами гомеостаза, характерны хроническая интоксикация, изменения со стороны нейроэндокринной регуляции и иммунитета.



Заключение

Предварительный скрининг сердечно-сосудистых заболеваний, направленный прежде всего на выявление нарушений, ассоциированных с внезапной сердечной смертью, является необходимым медицинским обследованием. Даже в нашей небольшой когорте профессиональных спортсменов, занимающихся высокодинамическими видами спорта, у четверти диагностирована АГ разной степени, а почти у трети зафиксированы изменения на ЭКГ. Стратегия скрининга сердечно-сосудистых заболеваний у спортсменов должна быть комплексной, так как только комплексное обследование сердечно-сосудистой системы позволяет получить детальный результат. Кроме того, согласно клиническим рекомендациям по спортивной кардиологии, в случае наследственно обусловленных синдромов значимое место должны занимать и генетические исследования.

По данным нашего исследования, статистически значимыми предикторами ухудшения спортивного

результата оказались повышенные значения SIRI, SII, AISI, NLR, PLR и MLR. Таким образом, ухудшение спортивного результата – показатель, который может зависеть от степени утомления нервной системы, свидетельствовать о снижении функционального резерва, что, безусловно, нуждается в уточнении в дальнейших исследованиях. ИСЛМ, отражающий взаимоотношение аффекторного и эффекторного звеньев иммунологического процесса, при пороговом значении $\geq 4,44$ показал чувствительность 100,00% и специфичность 60,94% в прогнозировании спортивного травматизма ($p < 0,001$) и может рассматриваться как перспективный маркер риска спортивного травматизма.

Анализ корреляции данных кардиологического исследования спортсменов с уровнем эндогенной интоксикации представляется интересным направлением в плане выявления маркеров риска развития сердечно-сосудистой патологии у данной категории. ©

¹ Самойлов А.С., Разинкин С.М., Голобородько Е.В. и др. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности: методические рекомендации. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2018. 36 с.

Дополнительная информация

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-25-20159 «Ассоциативная роль полиморфных аллельных вариантов генов ренин-ангиотензин-альдостероновой системы с ремоделированием левого желудочка и нагрузочной артериальной гипертензией у профессиональных спортсменов как маркерами предрасположенности к формированию «спортивного» сердца», <https://rscf.ru/project/25-25-20159>, гранта Красноярского краевого фонда науки, в организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Участие авторов

И.А. Суздалева – разработка дизайна клинической части исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; А.А. Чернова – концепция и дизайн исследования, анализ результатов, редактирование текста; Н.А. Лукьянова – анализ результатов, статистическая обработка данных, редактирование рукописи; О.О. Кардашова – формирование групп пациентов, набор клинического материала, анализ и интерпретация результатов, написание текста; С.В. Верещагина – проведение лабораторных исследований, анализ и интерпретация результатов; С.Ю. Никулина – концепция и дизайн статьи, редактирование текста, утверждение итогового варианта текста рукописи. Все авторы прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией, согласны нести ответственность за все аспекты работы и гарантируют, что ими надлежащим образом были рассмотрены и решены вопросы, связанные с точностью и добросовестностью всех частей работы.

Список литературы / References

- Petek BJ, Churchill TW, Moulson N, Kliethermes SA, Baggish AL, Drezner JA, Patel MR, Ackerman MJ, Kucera KL, Siebert DM, Salerno L, Zigman Suchsland M, Asif IM, Maleszewski JJ, Harmon KG. Sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A 20-year study. *Circulation*. 2024;149(2):80–90. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.065908.
- Harmon KG, Drezner JA, Wilson MG, Sharma S. Incidence of sudden cardiac death in athletes: A state-of-the-art review. *Heart*. 2014;100(16):1227–1234. doi: 10.1136/heartjnl-2014-093872.rep.
- Shabana A, El-Menyar A, Gehani A. Sudden cardiac death in athletes: Where do we stand. *Crit Pathw Cardiol*. 2013;12(3):161–169. doi: 10.1097/HPC.0b013e318299cbfd.
- Трищенко С.Н. Интеральные гематологические показатели у спортсменов с хронической патологией глотки. *Российская оториноларингология*. 2012;1:166–169.
- Trychtenkova SN. [Integrated haematological indicators at sportsmen with a chronic pathology of a throat]. *Russian Otorhinolaryngology*. 2012;1:166–169. Russian.
- Никулина Г.Ю. Современные критерии перенапряжения и гипотезы синдрома перетренированности у спортсменов. *Прикладная спортивная наука*. 2020;1(11):98–105.
- Nikulina GYu. [Modern overstrain criteria and overtraining syndrome conjecture in athletes]. *Applied Sports Science*. 2020;1(11):98–105. Russian.
- Delsmann MM, Stürznickel J, Amling M, Ueblacker P, Rolvien T. Muskuloskelettale Labordiagnostik im Leistungssport [Musculoskeletal laboratory diagnostics in competitive sport]. *Orthopade*. 2021;50(9):700–712. German. doi: 10.1007/s00132-021-04072-1.
- Королев ДС, Архангельская АН, Фесюн АД, Гуревич КГ. Особенности изменений гематологических и биохимических показателей у спортсменов-борцов. *Физиология человека*. 2021;47(5):95–101. doi: 10.31857/S0131164621040056.
- Korolev DS, Arkhangel'skaya AN, Fesyun AD, Gurevich KG. Characteristics of changes in hematological and biochemical parameters of wrestling



- athletes. *Human Physiology*. 2021;47(5):558–563. doi: 10.1134/S0362119721040058.
8. Трушина ЭН, Мустафина ОК. Об эффективности применения лейкоцитарных индексов в диагностике иммунных нарушений у спортсменов (обзор литературы). *Человек. Спорт. Медицина*. 2023;23(4):40–46. doi: 10.14529/hsm230405.
 - Trushina EN, Mustafina OK. [On the efficiency of leukocyte indices in the diagnosis of immune disorders in athletes (A review of foreign literature)]. *Human Sport Medicine*. 2023;23(4):40–46. Russian. doi: 10.14529/hsm230405.
 9. Walzik D, Joisten N, Zacher J, Zimmer P. Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: Focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(7):1803–1814. doi: 10.1007/s00421-021-04668-7.
 10. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP, Task Force 8: Classification of sports. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(8):1364–1367. doi: 10.1016/j.jacc.2005.02.01515.
 11. Neves PRDS, Tenório TRDS, Lins TA, Muniz MTC, Pithon-Curi TC, Botero JP, Do Prado WL. Acute effects of high- and low-intensity exercise bouts on leukocyte counts. *J Exerc Sci Fit*. 2015;13(1):24–28. doi: 10.1016/j.jesf.2014.11.003.
 12. Калинин СА, Шульгина СМ, Антропова ЕН, Рыкова МП, Садова АА, Кутько ОВ, Орлова КД, Яздовский ВВ, Кofiadi ИА. Состояние системы иммунитета человека и животных при физических нагрузках различного генеза. *Иммунология*. 2019;40(3):72–82. doi: 10.24411/0206-4952-2019-13008.
 - Kalinin SA, Shulgina SM, Antropova EN, Rykova MP, Sadova AA, Kutko OV, Orlova KD, Yazdovskiy VV, Kofiadi IA. [The immune system status of humans and animals during exercises of various origin]. *Immunologiya*. 2019;40(3):72–82. Russian. doi: 10.24411/0206-4952-2019-13008.
 13. Risøy BA, Raastad T, Hallén J, Lappegård KT, Baeverfjord K, Kravdal A, Siebke EM, Benestad HB. Delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: Aspects of regulatory mechanisms. *BMC Physiol*. 2003;3:14. doi: 10.1186/1472-6793-3-14.
 14. Островский ВК, Свитич ЮМ, Вебер ВР. Лейкоцитарный индекс интоксикации при острых и воспалительных заболеваниях легких. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 1983;131(11):21–24.
 - Ostrovsky VK, Svitich YuM, Weber VR. [Leukocyte index of intoxication in acute purulent and inflammatory lung diseases]. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 1983;131(11):21–24. Russian.
 15. Кальф-Калиф ЯЯ. О лейкоцитарном индексе интоксикации и его прогностическом значении. *Врачебное дело*. 1941;(1):31–35.
 - Kalf-Kalif YaYa. [On the leukocyte index of intoxication and its prognostic value]. *Vrachebnoye Delo*. 1941;(1):31–35. Russian.
 16. Смоленский АВ, Золичева СЮ, Михайлова АВ, Камаев КА, Колбая ЛИ. Морфофункциональные отличия юных гребцов с повышенным уровнем артериального давления. *Физиология человека*. 2010;36(4):107–110.
 - Smolensky AV, Zolicheva SYu, Mikhailova AV, Kamaev KA, Kolbaya LI. Morphofunctional characteristics of young rowers with increased blood pressure. *Human Physiology*. 2010;36(4):462–465. doi: 10.1134/S0362119710040122.
 17. Жолинский АВ, Кадыкова АИ, Гладышев НС, Терехов МВ. Ивашечкин АА, Максютин ВВ,

Screening for cardiovascular disorders in professional athletes and the role of leukocyte indices in prediction of adverse outcomes of training and competition

I.A. Suzdaleva^{1,2} • A.A. Chernova^{1,2} • N.A. Lukyanova¹ • O.O. Kardashova² • S.V. Vereschagina² • S.Yu. Nikulina¹

Background: Current rates of cardiovascular morbidity among professional athletes depend not only on the sport type, but also on gender, age, ethnicity, screening strategies, and level of physical activity, its frequency, duration and intensity. Biochemical, immunological, hormonal, and psychological parameters are used as overtraining markers; however, they are not accurate enough for prediction of overtraining. In this regard, leukocyte indices calculated from a routine hematology test seem promising.

Aim: To screen for cardiovascular disorders in a group of professional athletes with standard cardiological assessment methods, to evaluate the prognostic significance of leukocyte indices in the diagnosis of endogenous inflammation and overtraining, and to compare the values of leukocyte indices with the competitive results of the athletes.

Methods: This was an observational cross-sectional, single stage, uncontrolled study in a random subject sample. From September 2021 to August 2022, we examined 180 highly qualified professional

athletes on an outpatient basis. The athletes were practicing highly dynamic sport types (contact sport types such as combat sports, ice hockey, and football were excluded). All athletes had a routine hematology test (blood samples were taken 2 to 3 days before competitions) followed by calculation of hematological leukocyte indices: systemic inflammation response index (SIRI), systemic inflammation index (SII), aggregate index of systemic inflammation (AISII), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), monocyte-to-lymphocyte ratio (MLR), leukocyte intoxication index (LII), lymphocyte index (LI), and lymphocyte-to-monocyte ratio index (LMRI). The instrumental cardiovascular assessments included electrocardiography (ECG), 24-hour ECG monitoring, 24-hour blood pressure monitoring, cycling exercise functional test, and echocardiography (EchoCG). The study endpoints were adverse events occurring during the competition: 1) sports injuries during competition evaluated by a staff doctor of the national team; 2) deterioration of athletic performance

compared to that shown by the athlete during training sessions (evaluated by a group of trainers).

Results: The cohort consisted of 180 highly qualified professional athletes (orienteering, alpine skiing, biathlon, athletics, and swimming), with a mean age of 20.55 ± 2.69 years, including 42.2% ($n = 76$) women and 57.8% ($n = 104$) men. A high percentage of individuals with varying degrees of arterial hypertension (AH) were identified based on 24-hour blood pressure monitoring: mild AH, mostly at night, was found in 18.3% ($n = 33$) of the cases, while severe night AH in 7.2% ($n = 13$) of the cases. 24-hour ECG monitoring showed the following heart rhythm and conduction disorders: incomplete right bundle branch block in 15% ($n = 27$), sinus arrhythmia in 48.3% ($n = 87$), and atrial rhythm in 7.8% ($n = 14$). At EchoCG, the most common change was an apical or median chord of the left ventricle (44.4%, $n = 80$). In 13 (7.2%) of the patients, the cycling exercise test was discontinued due to an inadequate increase in diastolic blood pressure. Among the 90 athletes who had a valid assessment of their



Некрасова АИ, Митрофанов СИ, Иванов MB, Каштанова ДА, Юдин ВС, Кескинов АА, Юдин СМ, Деев РВ, Скворцова ВИ. Структура заболеваний системы кровообращения и их генетические предикторы у спортсменов с высокой интенсивностью тренировочной и соревновательной нагрузки. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(4):12–26. doi: 10.47529/2223-2524.2023.4.9.

Zholinsky AV, Kadykova AI, Gladyshev NS, Terekhov MV, Ivashechkin AA, Maksyutina VV, Nekrasova AI, Mitrofanov SI, Ivanov MV, Kаштанова DA, Yudin VS, Keskinov AA, Yudin SM, Deev RV, Skvortsova VI. [Structure of circulatory system diseases and their genetic predictors in athletes with high intensity of training and competitive load]. Sports Medicine: Research and Practice. 2023;13(4):12–26. Russian. doi: 10.47529/2223-2524.2023.4.9.

18. Гаврилова ЕА, Чурганов ОА, Брынцева ЕВ, Ларинцева ОС. Нарушения ритма сердца как проявление патологического спортивного сердца на разных этапах спортивной подготовки. Современные вопросы био-

медицины. 2022;6(1):11. doi: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_11.

Gavrilova EA, Churganov OA, Bryntseva EV, Larintseva OS. [Heart rhythm disorders as a manifestation of the pathological athletic heart at different stages of sports training]. Modern Issues of Biomedicine. 2022;6(1):11. Russian. doi: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_11.

19. Díaz Martínez AE, Alcaide Martín MJ, González-Gross M. Basal values of biochemical and hematological parameters in elite athletes. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(5):3059. doi: 10.3390/ijerph19053059.

20. Спасский АА, Мягкова МА, Левашова АИ, Кукушкин СК, Куршев ВВ, Янова ЮВ, Веселова ЛВ. Методология комплексной оценки адаптационного потенциала спортсмена к нагрузке. Спортивная медицина: наука и практика. 2019;9(3):49–61. doi: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.49.

Spassky AA, Myagkova MA, Levashova AI, Kukushkin SK, Kurshev VV, Yanova YuV, Veselova LV. [Methodology of comprehensive assessment of the athlete's adaptive potential to the load]. Sports Medicine: Research and Prac-

tice. 2019;9(3):49–61. Russian. doi: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.49.

21. Матвиенко ВВ, Тулекеев ТМ, Шведский ТМ, Байгиреева ГУ. Морфология периферической крови у спортсменов высокой квалификации. Вестник физической культуры и спорта. 2018;4(23):119–124.
- Matvienko VV, Tulekeev TM, Shwedsky MS, Baigireeva GU. [Morphology of peripheral blood in athletes of high qualification]. Bulletin of Physical and Sports. 2018;4(23):119–124. Russian.
22. Андросова ЛВ, Симонов АН, Пономарева НВ, Ключник ТП. Кластерный анализ маркеров воспаления сыворотки крови условно здоровых людей. Медицинская иммунология. 2021;23(2):293–302. doi: 10.15789/1563-0625-CAO-2134.
- Androsova LV, Simonov AN, Ponomareva NV, Klyushnik TP. [Cluster analysis of blood serum inflammation markers of conditionally healthy people]. Medical Immunology. 2021;23(2):293–302. Russian. doi: 10.15789/1563-0625-CAO-2134.

sports injury history, 26 (28.9%) had a sports injury. Deterioration in athletic performance was recorded in 39 cases (48.1%) of the 81 checkup lists available for the analysis. SIRI, SII, AISI, NLR, PLR, and MLR were significant predictors of deterioration in athletic performance. The deterioration of the competitive sports results was associated with SIRI ≥ 2.097 (sensitivity 53.85%, specificity 85.71%; AUC = 0.713, $p < 0.001$), SII ≥ 616.95 (sensitivity 56.41%, specificity 76.19%; AUC = 0.705, $p < 0.001$), AISI ≥ 180.15 (sensitivity 97.44%, specificity 45.24%; AUC = 0.733, $p < 0.001$). LMRI ≥ 4.44 had 100.00% sensitivity and 60.94% specificity in the prediction of sports injuries (AUC = 0.870, $p < 0.001$).

Conclusion: A preliminary screening for cardiovascular disorders aimed primarily at identifying those associated with a sudden cardiac death, is necessary when conducting an in-depth medical examination of athletes. LMRI (threshold value

≥ 4.44), which reflects the relationship between the affecter and effector components of the immune process, can be considered a promising marker of the risk of sports-related injuries.

Key words: cardiovascular disorders, arterial hypertension, rhythm disorders, leukocyte indices, athletes, overtraining syndrome

For citation: Suzdaleva IA, Chernova AA, Lukyanova NA, Kardashova OO, Vereschagina SV, Nikulina SYu. Screening for cardiovascular disorders in professional athletes and the role of leukocyte indices in prediction of adverse outcomes of training and competition. Almanac of Clinical Medicine. 2025;53(3). doi: 10.18786/2072-0505-2025-53-015.

Received May 22, 2025; revised October 13, 2025; accepted for publication October 18, 2025; published online October 27, 2025

Funding

The study was performed under the grant from the Russian Research Foundation # 25-25-20159 "An associative role of polymorphic allele variants of the renin-angiotensin-aldosterone system with left ventricular remodeling and stress-related arterial hypertension in professional athletes as markers of predisposition to the "athlete heart" (<https://rscf.ru/project/25-25-20159>) and under the grant of the Krasnoyarsk Regional Research foundation, in the Federal State Budgetary Institution "Federal Siberian Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia".

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding this article.

Authors' contribution

I.A. Suzdaleva, design of the clinical part of the study, data collection and management, data analysis, text writing; A.A. Chernova, the study concept and design, analysis of results, text editing; N.A. Lukyanova, analysis of results, statistical analysis, text editing; O.O. Kardashova, patient group recruitment, clinical data collection, analysis and interpretation of results, text writing; S.V. Vereschagina, laboratory studies, analysis and interpretation of results; S.Yu. Nikulina, the paper concept and design, text editing, approval of the final version of the manuscript. All the authors have read and approved the final version of the manuscript before submission, agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work have been appropriately investigated and resolved.

Irina A. Suzdaleva – Postgraduate Student, Department of Faculty Therapy¹; Head of the Department of Medical Prevention, Medical Center of Siberian Federal University²; ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-3860-1131>
✉ Ul. Kolomenskaya 26, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation. E-mail: irina-ler@bk.ru

Anna A. Chernova – MD, PhD, Professor, Department of Faculty Therapy¹; Head of the Department of Science and Innovation²; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2977-1792>. E-mail: anekchachernova@yandex.ru

Natalia A. Lukyanova – PhD (in Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Medical Cybernetics and Computer Science²; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0477-3938>. E-mail: nalukyanovakrsk@gmail.com

Oksana O. Kardashova – Head of the Therapeutic Department, Medical Center of Siberian Federal University²; ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-5453-8535>. E-mail: kardashova.oks@yandex.ru

Svetlana V. Vereschagina – PhD, Head of the Laboratory Diagnostics Department²; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-8838>. E-mail: vereschagina_sv@skc-fmba.ru

Svetlana Yu. Nikulina – MD, PhD, Professor, Head of Department of Faculty Therapy¹; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6968-7627>. E-mail: niculina@mail.ru

¹ Professor V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; ul. Partizana Zheleznyaka 1, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

² Federal Siberian Scientific and Clinical Center, Federal Medical and Biological Agency of Russia; ul. Kolomenskaya 26, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation