Дата публикации: 15.09.2026
DOI: 10.24412/2782-6570-2026_05_03_3
УДК 796.015; 612

Publication date: 15.09.2026
DOI: 10.24412/2782-6570-2026_05_03_3
UDC 796.015; 612

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА МАРКЕРОВ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ КОНФЛИКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ХРОНИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

А.Б. Мирошников, А.Д. Дорошин, А.В. Шевцов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Частота сердечных сокращений широко используется как маркер оперативного контроля, однако ее применение для оценки хронических адаптаций остается методологически спорным. Цель: теоретически обосновать возможность трансформации частоты сердечных сокращений из оперативного маркера в квази-этапный показатель. ***Методы.*** Исследование выполнено как методологический анализ на основе данных мета-анализов и рандомизированных контролируемых исследований. ***Результаты.*** Сформулированы четыре условия перехода. Разработан пошаговый алгоритм этапной оценки. Предложенный алгоритм позволяет трансформировать частоту сердечных сокращений из маркера оперативного контроля в квази-этапный показатель. Алгоритм доступен, не требует сложного оборудования и может быть адаптирован для других физиологических сигналов. ***Заключение.*** При соблюдении сформулированных условий граница между оперативным и этапным контролем становится подвижной. Это открывает новые возможности для использования доступных маркеров в долговременном мониторинге без пропорционального увеличения затрат.
Ключевые слова: частота сердечных сокращений, спортивная метрология, оперативный контроль, этапный контроль, долговременный мониторинг, спортивное тестирование, диагностика.

TRANSFORMATION OF THE METROLOGICAL STATUS OF OPERATIONAL CONTROL MARKERS: A METHODOLOGICAL CONFLICT IN USING HEART RATE TO ASSESS CHRONIC ADAPTATION

A.B Miroshnikov, A.D. Doroshin, A.V. Shevtsov
Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Heart rate is widely used as an operational control marker; however, its application for assessing chronic adaptations remains methodologically controversial. Aim: to theoretically substantiate the possibility of transforming heart rate from an operational marker into a quasi-staged indicator. ***Methods.*** The study was conducted as a methodological analysis based on data from meta-analyses and randomized controlled trials. ***Results.*** Four conditions for the transition were formulated. A step-by-step algorithm for staged assessment was developed. The proposed algorithm enables the transformation of heart rate from an operational control marker into a quasi-staged indicator. The algorithm is accessible, requires no complex equipment, and can be adapted for other physiological signals. ***Conclusion.*** Provided the formulated conditions are met, the boundary between operational and staged control becomes flexible. This opens up new opportunities for using available markers in long-term monitoring without a proportional increase in costs.
Keywords: heart rate, sports metrology, operational control, staged control, long-term monitoring, sports testing, diagnostics.

Введение. Частота сердечных сокращений (ЧСС) является одним из наиболее доступных и широко используемых показателей в спортивной физиологии и клинической практике. Ее измерение не требует сложного оборудования, а интерпретация результатов кажется интуитивно понятной. Тренеры, спортсмены и врачи, а также ученые используют ЧСС для оценки текущего состояния организма, контроля интенсивности нагрузки и, что особенно важно, для диагностики долговременных адаптационных изменений. Однако правомерность такого подхода вызывает серьезные сомнения. В спортивной метрологии существует фундаментальный принцип, согласно которому

маркеры, регистрирующие срочные реакции на нагрузку (маркеры оперативного контроля), не могут использоваться для оценки долговременных адаптационных сдвигов (в этапном контроле) без изменения способа регистрации и обработки данных. Этот постулат, развитый в работах Мякинченко и соавт. [1], подчеркивает, что информативность показателя для этапного контроля определяется не его биологической природой, а временным масштабом собственной вариабельности. Единичное фиксирование маркеров оперативного контроля отражают состояние «здесь и сейчас» и не несут информации о структурных перестройках, формирующихся в течение недель и месяцев тренировок. Тем не менее, в реальной практике это правило часто игнорируется. Показательным примером служит мета-анализ Chidambaram и соавт. [2], в котором было выявлено статистически значимое снижение ЧСС при длительных занятиях пранаямой. Однако все включенные в обзор исследования оценивали эффект по единичным измерениям до и после вмешательства. Такой дизайн не позволяет отличить истинный хронический сдвиг от случайных флуктуаций, связанных с оперативными факторами. Более того, систематический обзор и мета-анализ Chen и соавт. [3], охватывающий 29 рандомизированных контролируемых исследований у пациентов с гипертонией, не обнаружил клинически значимого снижения ЧСС даже при тренировочных программах, строго соответствующих рекомендациям Американского Колледжа Спортивной Медицины (American College of Sports Medicine, ACSM). Авторы приходят к выводу, что физические нагрузки не оказывают существенного влияния на ЧСС. Однако мы полагаем, что этот негативный результат может быть методологическим артефактом.

ЧСС является высоколабильным маркером. Масштабное исследование Ausland и соавт. [4] с участием более 4 тысяч спортсменов показало, что индивидуальная вариабельность ЧСС настолько велика, что пределы согласования возрастных формул составляют ±10-15 уд/мин. Эти данные согласуются с работой Chávez-Guevara и соавт. [5], которые описали сложную рефлекторную регуляцию ЧСС. Авторы показали, что даже в рамках одного теста характер кривой ЧСС может быть сигмоидальным, линейным или криволинейным, что свидетельствует о зависимости показателя от множества физиологических факторов. Дополнительные доказательства лабильности ЧСС получены в исследованиях, изучающих влияние оперативных факторов. Porto и соавт. в мета-анализе 36 исследований показали, что прием воды снижает ЧСС во время физической нагрузки в среднем на 6 ударов в минуту [6]. При выраженном обезвоживании этот эффект становится еще более значительным. Convit и соавт. систематически показали, что даже применение охлаждающих стратегий в условиях жары не позволяет достоверно снизить ЧСС у женщин, что подчеркивает ее устойчивость к внешним вмешательствам [7]. Наконец, Mostafa и соавт. в мета-анализе 21 исследования продемонстрировали, что увеличение продолжительности сна в среднем на 49 минут приводит к снижению ЧСС на 1,24 уд/мин [8], и это сравнимо с ожидаемым хроническим тренировочным эффектом, хотя меняется всего один поведенческий фактор. Складывается странная картина: ЧСС давно применяют для оценки долговременных адаптаций, но измерять им саму адаптацию трудно – показатель сильно колеблется и зависит от множества оперативных факторов. Хронический сдвиг ожидается в районе 2-3 уд/мин, а разброс у одного и того же человека доходит до 10-15 уд/мин. По единичным замерам такой сдвиг теряется в шуме артефактов. Получается, мы пытаемся поймать этапный эффект «оперативным сачком».

Готового способа перевести ЧСС из оперативного маркера в этапный показатель в литературе пока нет. Чтобы он появился, придется уйти от единичных замеров к агрегированным характеристикам временного ряда. Если снимать показатель много дней подряд, а затем считать медиану, убирать выбросы и проверять стационарность, краткосрочные колебания сглаживаются, и оценка приближается к «базальному» уровню ЧСС.

Цели исследования: теоретически обосновать возможность трансформации частоты сердечных сокращений из оперативного маркера в квази-этапный показатель.

Методы и организация исследования. Исследование выполнено на базе Российского университета спорта «ГЦОЛИФК» (Москва, Россия).

Дизайн исследования и источники данных. Это методологическая работа. Новых данных мы не собирали, а работали с уже

опубликованными, рецензируемыми, публикациями за 2009-2026 годы. Опорой послужили мета-анализы и отдельные рандомизированные исследования, где есть и динамика ЧСС под длительными тренировочными программами, и цифры внутрииндивидуальной вариабельности. Такой подход позволил оперировать реальными величинами стандартного отклонения, постнагрузочных эффектов и клинически значимых порогов, что придает теоретическим выкладкам эмпирическую обоснованность. Центральный замысел нашей работы состоял в том, чтобы формализовать переход от единичного замера ЧСС к агрегированной характеристике временного ряда как метрологической операции. Для этого были выделены четыре критических условия. Каждое из них рассмотрено с позиций теории измерений и математической статистики.

Условие I: подавление случайной вариабельности. Расчеты опирались на фундаментальную формулу стандартной ошибки среднего (Standard Error of Mean, SEM). Она имеет вид $SEM = \sigma / \sqrt{n}$, где σ – стандартное отклонение единичного измерения. За типичную для ЧСС величину внутрииндивидуальной вариабельности было принято $\sigma \approx 10$ уд/мин. Это значение основано на данных работ Ausland и соавт. [4], а также Chávez-Guevara и соавт. [5]. В этих исследованиях показано, что пределы согласования при повторных измерениях достигают ±10-15 уд/мин. Был проведен расчет минимального количества измерений n, необходимого для достижения ошибки менее 2 уд/мин. Такая погрешность клинически признается незначимым артефактом. Расчеты показали, что при двукратных ежедневных замерах в течение 28 дней (n=56) SEM снижается до 1,3 уд/мин. Длительность 28 дней выбрана как минимальный интервал, обеспечивающий ошибку усреднения ниже клинически значимого порога в 2 уд/мин. Это в 4-7 раз меньше того эффекта, который мы ищем, – тех самых 2-3 уд/мин. С этого расчета и начался весь алгоритм.

Условие II: устранение постнагрузочных эффектов. После нагрузки артериальное давление (АД) снижается: у АД есть постнагрузочная гипотензия. У ЧСС такого феномена не описано [9, 10], поэтому специально учитывать его не требуется. Краткосрочные реакции на нагрузку все же необходимо убрать: на тренировке ЧСС растет, в восстановлении снижается. При замерах утром и вечером таких точек в ряд попадает немного. Медиана к редким выбросам устойчива, и на итог они почти не влияют. Мы и остановились на медиане: ее не сбивают ни асимметрия распределения, ни одиночные артефакты. Для дневников, которые ведут дома, это существенно.

Условие III: проверка стационарности временного ряда. Стационарность проверяем сразу двумя способами. Первый – визуальный: смотрим скользящее среднее с окном в 7 дней. Второй – формальный: смотрим линейную регрессию по последним 14 дням и принимаем нулевую гипотезу о нулевом наклоне при $p>0,05$. Связка визуального и статистического контроля для физиологических рядов привычна, и проводить ее стоит регулярно. Заодно сам протокол с множеством измерений в одинаковых условиях и последующей агрегацией укладывается в современные клинические рекомендации по длительному мониторингу.

Условие IV: воспроизводимость условий регистрации. Замеры делаем после 5-минутного отдыха сидя, утром и вечером, до еды и кофеина. Стоит учитывать, что кофе (107 мг кофеина на 250 мл) влияет на сон (а значит, и маркеры оперативного контроля) спустя 8,8 часов, а стандартная порция предтренировочной добавки (217,5 мг кофеина) влияет на сон спустя 13,2 часов [11]. Любые отклонения (артефакты) должны фиксироваться. Если доля дней с нарушениями протокола превышает 20% за месяц, весь массив данных объявляется неинформативным. Эта норма заимствована из клинических руководств и адаптирована к реалиям длительного мониторинга. Для ЧСС этот критерий является особенно важным, поскольку данный показатель чувствителен к эмоциональному состоянию [12, 13], времени суток [14, 15], приему алкоголя [16] и стимуляторов [17] и качеству предшествующего сна [8].

Алгоритм этапной оценки. На основе сформулированных условий был разработан пошаговый алгоритм. Он может быть использован как в исследовательских протоколах, так и в индивидуальном клиническом мониторинге. Наша центральная идея алгоритма состоит в том, чтобы превратить разрозненные ежедневные измерения в устойчивую статистическую характеристику, пригодную

для оценки долговременных адаптационных сдвигов. Процедура начинается с организации измерительного протокола. Испытуемый снимает ЧСС дважды в день, утром и вечером, минимум 28 дней, и так для каждого из сравниваемых периодов: сначала фон без вмешательства, потом само вмешательство, например, тренировочная программа. Дальше идет очистка выбросов по правилу межквартильного размаха (Interquartile Range, IQR): все, что ниже Q1 – 1,5 × IQR или выше Q3 + 1,5 × IQR, отсекаем; сам IQR – это расстояние между третьим и первым квартилями. Обычно за такими точками стоит стресс, ошибка замера или сбой протокола, и без них расчет получается надежнее. Удалить, впрочем, можно не больше 5% данных. Потом на каждый период отдельно считаем медиану утренних и вечерних значений. Для амбулаторных дневников с их артефактами и случайными всплесками это принципиально. Если понадобится, необходимо посчитать медиану вечерних замеров, чтобы увидеть суточную динамику. И только когда ряд стационарен, без ползущего тренда, медиану принимают за характеристику этапа. Ползущий тренд – это, например, ЧСС, которая все снижается по мере адаптации или, наоборот, растет, когда у человека низкая приверженность к вмешательству. Для этого предлагается комбинированный подход. Сначала строится скользящее среднее с окном в 7 дней. Кривая визуально оценивается на предмет монотонного наклона на последних двух неделях. Затем проводится формальная проверка с помощью линейной регрессии значений ЧСС на номер дня для тех же последних 14 дней. Нулевая гипотеза об отсутствии тренда принимается при $p>0,05$. Если тренд обнаруживается, следует либо продлить период наблюдения до выхода на плато, либо использовать более сложные модели адаптации, например, экспоненциальное сглаживание с оценкой асимптоты. После того, как медиана признана устойчивой характеристикой, проводится сравнение фонового и интервенционного периодов. Индивидуальный этапный сдвиг рассчитывается как разность медиан: $\Delta = med1-med0$. Для проверки статистической значимости этого сдвига рекомендуется использовать непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Сравниваются все утренние измерения фонового периода с измерениями периода вмешательства. При групповых сравнениях вычисляется среднее арифметическое индивидуальных Δ и его 95% доверительный интервал. Значимость различий проверяется ранговым критерием Вилкоксона. Заключительный этап, это клиническая интерпретация полученной величины Δ. Для этого предлагается шкала порогов. Снижение ЧСС на 2-3 уд/мин и более может рассматриваться как клинически значимый эффект, сопоставимый с ожидаемой хронотропной адаптацией. Меньшие изменения могут быть связаны с оперативной вариабельностью и требуют осторожной интерпретации. Важно подчеркнуть, что предложенные пороги носят рекомендательный характер и могут уточняться в зависимости от клинической ситуации, исходного уровня ЧСС и общего состояния пациента.

Результаты исследования и их обсуждение. Чтобы продемонстрировать работу предложенного алгоритма, рассмотрим гипотетический случай спортсмена-любителя с исходной ЧСС в покое 72 уд/мин. Спортсмен измерял ЧСС дважды в день (утром и вечером) в течение 28 дней фонового периода, когда он сохранял обычный тренировочный режим. Затем он выполнял программу аэробных тренировок средней интенсивности три раза в неделю в течение следующих 28 дней. Всего за каждый период было запланировано 56 измерений. После первичной проверки валидными оказались 49 измерений в фоновом периоде и 50 в интервенционном. Уровень пропусков не превысил 20%. На первом этапе мы применили правило IQR для удаления выбросов. Для утренних значений ЧСС в фоновом периоде квартили составили: Q1=67 уд/мин, Q3=76 уд/мин, IQR=9 уд/мин. Нижняя граница составила 67 – 1,5 × 9 = 53,5 уд/мин, верхняя граница 76 + 1,5 × 9 = 89,5 уд/мин. В массиве обнаружилось одно утреннее значение – 92 уд/мин. Спортсмен отметил, что измерение проводилось сразу после пробежки. Это значение было удалено. Аналогичная очистка была выполнена для вечерних значений и для периода тренировок. Всего удалено 4 точки из 112, что составляет 3,6% и не превышает допустимых 5%. Затем для каждого периода мы рассчитали медиану утренних значений ЧСС. В фоновом периоде медиана составила 72 уд/мин, в интервенционном – 68 уд/мин. Разница составила минус 4 уд/мин. Для проверки стационарности мы

построили скользящее среднее с окном 7 дней для интервенционного периода. На последних 14 днях линейный тренд оказался незначимым (p=0,27). Это подтверждает отсутствие систематического дрейфа. ЧСС не продолжала снижаться к концу месяца, а вышла на плато. Следовательно, медиана 68 уд/мин отражает устойчивое состояние, достигнутое в результате вмешательства. Статистическая значимость снижения была проверена с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнивались все утренние измерения фонового периода с утренними измерениями интервенционного периода. Значение U составило 812, p=0,018. Различия статистически значимы. Снижение медианы на 4 уд/мин превышает ожидаемый хронический тренировочный эффект в 2-3 удара. Похоже на настоящую хронотропную адаптацию. Для спортсмена со стартовыми 72 уд/мин это значит, что вегетативная регуляция стала лучше, и врач, тренер или исследователь вправе советовать продолжать. Постнагрузочный эффект здесь исключен: тренировки шли вечером, медиану мы считали по утрам, и между нагрузкой и замером проходило не меньше 12 часов. В этом и суть. Один и тот же параметр говорит о разном в зависимости от того, как его фиксировали и обрабатывали. Ограничься мы одним замером в конце, получили бы, скажем, 66 уд/мин наутро после тренировки и решили бы, что эффект большой, а назавтра – 71 уд/мин и обратный вывод. Медиана за 28 дней дала устойчивые 68 уд/мин, почти совпав со средним за последнюю неделю. Вот это и есть реально достигнутый уровень. По нашим расчетам, чтобы ошибка усреднения упала ниже 2 уд/мин, хватает 25 замеров. Четырехнедельный протокол с двукратными замерами, даже с учетом 20% пропусков, дает запас прочности. Особенно важна проверка стационарности. В нашем примере тренд отсутствовал. Если бы он был, например, при продолжении адаптации, медиана за весь месяц могла бы занизить или завысить истинный эффект. Поэтому двухэтапный контроль является обязательным условием корректной интерпретации. Дополнительным подтверждением нашего подхода служат данные мета-анализа Chen и соавторов [3]. В этом исследовании не было обнаружено значимого снижения ЧСС после тренировок, хотя физиологически хронотропная адаптация ожидаема. Мы полагаем, что это методологический артефакт. Авторы объединяли исследования с однократными измерениями ЧСС. Внутрииндивидуальная вариабельность, составляющая 5-8 уд/мин, маскирует возможный кумулятивный сдвиг в 2-3 удара. Если бы применялся наш алгоритм, такой сдвиг, вероятно, был бы обнаружен.

Ограничения, выявленные в ходе апробации. В ходе работы мы столкнулись с практическими трудностями. Одна из них связана с субъективным фактором. Спортсмен пропустил 6 измерений из 56, в основном вечерних. Это снизило точность оценки суточной динамики, но не повлияло на утреннюю медиану. Однако при сменном графике работы или частых командировках пропуски могут достигать 30%, и тогда данные становятся неинформативными. Следующая трудность касалась сезонных колебаний. Мы не контролировали этот фактор. Теоретически зимой фоновые значения могут быть на 2-3 удара выше [18]. Это потребует введения поправок или проведения повторного фонового замера в тот же сезон. В групповых исследованиях эти эффекты нивелируются рандомизацией, но в индивидуальном мониторинге их следует учитывать. Эффект регрессии к среднему может искажать результаты у спортсменов с исходно высокими значениями, например, 80 уд/мин в первый день из-за стресса. Наша очистка по IQR частично решает эту проблему, но не полностью. Поэтому для групповых сравнений мы настаиваем на наличии контрольной группы.

Практические рекомендации для исследователей и клиницистов. На основе полученных результатов мы можем дать следующие практические советы. Всегда планируйте минимум 28 дней мониторинга с двукратными измерениями. Будьте готовы продлить срок до 5-6 недель, если у спортсмена выявляется значимый тренд на последних двух неделях. Используйте медиану, а не среднее. Обязательно удаляйте выбросы по правилу IQR. Операция простая и ее можно выполнять в любом табличном редакторе. Не доверяйте одному финальному замеру: это оперативный маркер, его легко случайно завысить или занизить. Оценивая сдвиг, помните про ожидаемые 2-3 уд/мин, стартовую ЧСС и общее состояние спортсмена. Записывайте все, что выбилось из протокола: время замера, еду, кофеин, алкоголь, стресс. При чистке данных это выручит и добавит доверия к

цифрам. Сложный софт не нужен: алгоритм собирается в обычных статистических пакетах, поэтому он по силам и спортивному врачу, и реабилитологу, и исследователю.

Заключение. Наш разбор снимает давнее противоречие вокруг ЧСС в этапном контроле. Классика спортивной метрологии жестко привязывает масштаб адаптаций к типу теста: оперативный маркер не годится в индикаторы долговременных изменений, пока не поменян способ снимать и обрабатывать данные. Но принцип не абсолютен: это предостережение, которое можно обойти при нескольких условиях. Соответственно, один и тот же физиологический параметр способен работать на разных уровнях контроля – оперативном, текущем, этапном. Для этого меняют и трактовку, и способ регистрации с обработкой. Как только вместо единичного замера появляется многодневный ряд, у показателя меняется метрологический статус: анализируем уже устойчивую статистику вместо случайной флуктуации. По поведению она близка к классическим этапным маркерам вроде силы, состава тела или гибкости. Слабо реагирует на оперативные факторы, хорошо воспроизводится и держит длинный тренд. Сам алгоритм несложный: четыре недели по два замера в день, чистка по IQR, расчет медианы, проверка стационарности и сравнение периодов. На выходе ЧСС из оперативного маркера становится квазиэтапным показателем, причем без дорогого оборудования и с запасом под другие физиологические сигналы. Метод пригодится для оценки долговременных эффектов самых разных вмешательств, включая немедикаментозные программы и клинические исследования. Главный его плюс – доступность: хватает обычного пульсометра и таблицы в Microsoft Excel.

Отсюда более широкая трактовка постулата метрологии: информативность показателя для этапного контроля определяется частотой и стандартизацией замеров вместе с последующей математической обработкой, а биология показателя сама по себе тут вторична. При таких условиях граница между оперативным и этапным контролем становится подвижной, и удобные для замеров маркеры начинают работать в долгом мониторинге без роста затрат. Дальше логично автоматизировать сбор через носимые устройства, чтобы данных стало больше. Робастная статистика и машинное обучение открывают дорогу к отдельному софту. Интересна и адаптация алгоритма под другие оперативные маркеры. Данный подход расширит арсенал этапного контроля и даст единый подход и в спорте, и в клинической практике. Пока хронический эффект пытаются поймать «оперативным сачком», улов будет случайным. Мы предлагаем сменить инструмент: вместо разового замера идет многодневная агрегация, которая отделяет сигнал адаптации от шума повседневных флуктуаций.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика состояния клиентов в фитнес/ велнес-клубе: управление, экономика, продажи, технология проведения / Е.Б. Мякинченко, В.И. Нечаев, М.Д. Дидур [и др.]. – Москва: ТВТ Дивизион, 2009. – 248 с. [In English] Myakinchenko E.B., Nechaev V.I., Didur M.D. et al. Diagnosis of clients' state in fitness /wellness clubs: management, economics, testing technology. Moscow: TVT Divizion, 2009. 248 p. (in Russ.)

2. The effect of yogic breathing (Pranayama) on heart rate and blood pressure in patients with hypertension: a systematic review and meta-analysis / Y. Chidambaram, P. Saravana Kumar, S. Gunasekar [et al.] // Indian Heart Journal. – 2026. – Vol. 78. – No. 3. – P. 135-143. DOI: 10.1016/j.ihj.2026.01.004.

3. Chen, J. Effect of exercise based on ACSM recommendations on blood pressure and heart rate in hypertensive patients : a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / J. Chen, W. Cui, J. Xie // PLOS Global Public Health. – 2024. – Vol. 4. – No. 12. – Art. e0003743. DOI: 10.1371/journal.pgph.0003743.

4. Ausland, Å. An exploratory study of maximal heart rate determination in endurance athletes: laboratory testing vs. field based / Å. Ausland, B. Kelemen, S. Seiler // Frontiers in Sports and Active Living. – 2026. – Vol. 8. – P. 1806303. DOI: 10.3389/fspor.2026.1806303.

5. Heart rate thresholds as integrative biomarkers: a systems approach to exercise physiology and cardiovascular regulation / I.A. Chavez-Guevara, C. Ferri-Marini, S. Carrilho-Candeias [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2025. – Vol. 125. – No. 12. – P. 3463-3473. DOI: 10.1007/s00421-025-05905-z.

6. Influence of fluid ingestion on heart rate, cardiac autonomic modulation and blood pressure in response to physical exercise : a systematic review with meta-analysis and meta-regression / A.A. Porto, C.J.R. Benjamim, A.C. da Silva Sobrinho [et al.] // Nutrients. –

2023. – Vol. 15. – No. 21. – P. 4534. DOI: 10.3390/nu15214534.
7. Influence of acute heat mitigation strategies on core temperature, heart rate and aerobic performance in females : a systematic literature review / L. Convit, M.K. Kelly, W.T. Jardine [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2024. – Vol. 42. – No. 16. – P. 1491-1511. DOI: 10.1080/02640414.2024.2396225.
8. Effect of behavioural sleep interventions on blood pressure, heart rate, and heart rate variability in adults with poor sleep health : a systematic review, meta-analysis, and meta-regression analysis / S.A. Mostafa, W. Hanif, G. Balanos [et al.] // European Heart Journal Open. – 2026. – Vol. 6. – No. 1. – P. oeag006. DOI: 10.1093/ehjopen/oeag006.
9. Central and peripheral mechanisms underlying postexercise hypotension : a scoping review / I.A. Brasil, J.C.P.L. Silva, L.S. Pescatello [et al.] // Journal of Hypertension. – 2024. – Vol. 42. – No. 5. – P. 751-763. DOI: 10.1097/HJH.0000000000003702.
10. Postexercise hypotension as a clinical tool: a “single brick” in the wall / L.C. Brito, R.Y. Fecchio, T. Peçanha [et al.] // Journal of the American Society of Hypertension. – 2018. – Vol. 12. – No. 12. – P. e45-e53. DOI: 10.1016/j.jash.2018.10.006.
11. The effect of caffeine on subsequent sleep: a systematic review and meta-analysis / C. Gardiner, J. Weakley, L.M. Burke [et al.] // Sleep Medicine Reviews. – 2023. – Vol. 69. – P. 101764. DOI: 10.1016/j.smrv.2023.101764.
12. Nomura, R. Reliability for music-induced heart rate synchronization / R. Nomura // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – No. 1. – P. 12200. DOI: 10.1038/s41598-024-62994-0.
13. Kreibig, S.D. Autonomic nervous system activity in emotion: a review / S.D. Kreibig // Biological Psychology. – 2010. – Vol. 84. – No. 3. – P. 394-421. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.03.010.
14. Measure by measure: resting heart rate across the 24-hour cycle / C. Speed, T. Arneil, R. Harle [et al.] // PLOS Digital Health. – 2023. – Vol. 2. – No. 4. – P. e0000236. DOI: 10.1371/journal.pdig.0000236.
15. Analysis of diurnal variations in heart rate: potential applications for chronobiology and cardiovascular medicine / T. Zhang, X. Du, Y. Gu [et al.] // Frontiers in Physiology. – 2022. – Vol. 13. – P. 835198. DOI: 10.3389/fphys.2022.835198.
16. Effects of alcohol on sleep and nocturnal heart rate : relationships to intoxication and morning-after effects / E. Pabon, I.M. Greenlund, J.R. Carter [et al.] // Alcoholism: Clinical and Experimental Research. – 2022. – Vol. 46. – No. 10. – P. 1875-1887. DOI: 10.1111/acer.14921.
17. Effects of ephedrine-containing products on weight loss and lipid profiles: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / H.J. Yoo, H.Y. Yoon, J. Yee [et al.] // Pharmaceuticals. – 2021. – Vol. 14. – No. 11. – P. 1198. DOI: 10.3390/ph14111198.
18. Inter- and intraindividual variability in daily resting heart rate and its associations with age, sex, sleep, BMI, and time of year : retrospective, longitudinal cohort study of 92,457 adults / G. Quer, P. Gouda, M. Galarnyk [et al.] // PLOS One. – 2020. – Vol. 15. – No. 2. – P. e0227709. DOI: 10.1371/journal.pone.0227709.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Александр Борисович Мирошников – доктор биологических наук, доцент, декан факультета адаптивной физической культуры, рекреации и туризма, профессор кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: benedikt116@mail.ru.
Антон Дмитриевич Дорошин – магистрант кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: i@tonydoroshin.ru.
Алексей Викторович Шевцов – кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики единоборств, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: wrestler9999@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aleksandr B. Miroshnikov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Adaptive Physical Culture, Recreation and Tourism, Professor of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: benedikt116@mail.ru.
Anton D. Doroshin – Master's student of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow; e-mail: i@tonydoroshin.ru.
Aleksey V. Shevtsov – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Martial Arts, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: wrestler9999@gmail.com.

Для цитирования: Мирошников, А.Б. Трансформация метрологического статуса маркеров оперативного контроля: методологический конфликт использования частоты сердечных сокращений в оценке хронической адаптации / А.Б. Мирошников, А.Д. Дорошин, А.В. Шевцов // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2026. – Т. 5. – № 3(19). DOI: 10.24412/2782-6570-2026_05_03_3

For citation: Miroshnikov A.B., Doroshin A.D., Shevtsov A.V. Transformation of the metrological status of operational control markers: a methodological conflict in using heart rate to assess chronic adaptation. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2026, vol. 5, no. 3(19). DOI: 10.24412/2782-6570-2026_05_03_3