



**URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI**

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

УДК 612.17:612.766:796.071.2

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОРОГА АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА ПО ДАННЫМ ЛАКТАТНОГО
СТУПЕНЧАТОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СО СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕРДЦА ПО ДАННЫМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ У
СПОРТСМЕНОВ-ВЕЛОСИПЕДИСТОВ**

Аблялимов Р.Т.



<https://orcid.org/0009-0006-7855-8567>

dr86.rustem@gmail.com

Махмудов Д.Э.



<https://orcid.org/0000-0002-8486-7714>

dr_dilik86@bk.ru

Таралева Т.А.



<https://orcid.org/0000-0003-4046-6203>

sport.kardiolog@mail.ru

Абдувохидов О.Х.



<https://orcid.org/0009-0005-7086-4888>

aoxdoctor2189@gmail.com

Республиканский научно-практический центр спортивной медицины, 100027, г .

Ташкент,

Шайхонтохурский район ул. Батыра Закирова, 6.

E-mail: uzolympicmed@gmail.com



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Аннотация: В статье приведены результаты лактатного ступенчатого тестирования и эхокардиографического исследования, а также показана взаимосвязь между показателями эхокардиографии (размерами сердца и его структур) с уровнем лактата.

Ключевые слова: лактатный порог, порог анаэробного обмена, эхокардиография, спортивное сердце, велоспорт, ремоделирование миокарда, фракция выброса, FBLA, Dmax.

LAKTAT BOSQICHLI TEST SINOVI NATIJALARI BO'YICHA ANAEROB ALMASHINUV BO'SAG'ASINING VELOSPORTCHILARDA EXOKARDIOGRAFIYA MA'LUMOTLARI ASOSIDA YURAKNING TUZILMAVIY-FUNKSIONAL KO'RSATKICHLARI BILAN O'ZARO BOG'LIQLIGI

Ablyalimov R.T. <https://orcid.org/0009-0006-7855-8567>

Maxmudov D.E. <https://orcid.org/0000-0002-8486-7714>

Taraleva T.A. <https://orcid.org/0000-0003-4046-6203>

Abduvohidov O. X. <https://orcid.org/0009-0005-7086-4888>

Respublika sport tibbiyoti ilmiy-amaliy markazi, 100027, Toshkent shahri,
Shayxontohur tumani, Botir Zokirov ko'chasi, 6-uy.

E-mail: uzolympicmed@gmail.com

Annotatsiya

Maqolada velosipedchi sportchilarda o'tkazilgan laktatli bosqichma-bosqich test natijalari va exokardiografik tekshiruv ma'lumotlari keltirilgan. Shuningdek, exokardiografiya ko'rsatkichlari (yurak va uning tuzilmalari o'lchamlari) bilan qondagi laktat darajasi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: laktat bo'sag'asi, anaerob almashinuv bo'sag'asi, exokardiografiya, sport yuragi, велоспорт, миокард ремоделирования, чистота фракции, FBLA, Dmax.

RELATIONSHIP BETWEEN THE ANAEROBIC THRESHOLD DETERMINED BY LACTATE STEP TESTING AND STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CARDIAC PARAMETERS ASSESSED BY ECHOCARDIOGRAPHY IN CYCLISTS

Ablyalimov R.T. <https://orcid.org/0009-0006-7855-8567>

Makhmudov D.E. <https://orcid.org/0000-0002-8486-7714>

Taraleva T.A. <https://orcid.org/0000-0003-4046-6203>

Abduvohidov O. X. <https://orcid.org/0009-0005-7086-4888>

Republican Scientific and Practical Center of Sports Medicine, 6 Batyr Zakirov Street,
Shaykhontohur District, Tashkent 100027, Uzbekistan

E-mail: uzolympicmed@gmail.com

Abstract

The article presents the results of lactate step testing and echocardiographic examination in cyclists. The study also demonstrates the relationship between echocardiographic parameters, including cardiac dimensions and structural characteristics, and blood lactate levels.

Keywords: lactate threshold, anaerobic threshold, echocardiography, athlete's heart, cycling, myocardial remodeling, ejection fraction, FBLA, Dmax.

Введение

Велоспорт относится к циклическим видам спорта, предъявляющим высокие требования к аэробной производительности организма. Продолжительная работа преимущественно умеренной и высокой интенсивности требует эффективного транспорта кислорода к работающим мышцам, достаточного сердечного выброса и способности



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

скелетных мышц поддерживать энергетический обмен при возрастающей нагрузке. В связи с этим оценка функционального состояния велосипедистов должна включать как показатели метаболического ответа на физическую нагрузку, так и характеристики структурно-функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Одним из наиболее широко используемых показателей выносливости является лактатный порог. Он отражает интенсивность нагрузки, при которой скорость появления лактата в крови начинает превышать возможности его утилизации и концентрация лактата начинает увеличиваться нелинейно. В современной литературе существует несколько концепций определения второго лактатного порога (LT2), включая maximal lactate steady state (MLSS), onset of blood lactate accumulation (OBLA), фиксированную концентрацию 4 ммоль/л, Dmax и modified Dmax [1,2]. Для спортсменов-велосипедистов определение лактатного порога имеет особое значение, поскольку позволяет оценить интенсивность, соответствующую переходу от преимущественно устойчивого аэробного метаболизма к состоянию, при котором существенно возрастает вклад анаэробного гликолиза. В исследовании Heuberger et al. было показано, что различные концепции лактатного порога обладают разной воспроизводимостью и прогностической ценностью, причем modified Dmax продемонстрировал наиболее благоприятное сочетание повторяемости и способности прогнозировать показатели велосипедной работоспособности [1]. Многолетняя тренировка на выносливость приводит к выраженной адаптации сердечно-сосудистой системы. У спортсменов формируется комплекс структурных и функциональных изменений, традиционно обозначаемый как «спортивное сердце». Современные данные показывают, что у спортсменов на выносливость увеличиваются конечный диастолический объем левого желудочка, масса миокарда, размеры правых отделов сердца и объемы предсердий, при этом сохраняется физиологическая систолическая функция [3–6]. Таким образом, лактатный порог и эхокардиографические параметры характеризуют различные, но взаимодополняющие стороны адаптации организма к физической нагрузке. Лактатное тестирование преимущественно отражает метаболическую и функциональную способность поддерживать высокую интенсивность работы, тогда как эхокардиография позволяет оценить морфологический субстрат и механические возможности сердечно-сосудистой системы. В настоящее время термин «анаэробный порог» используется неоднозначно. В литературе описано большое количество вариантов определения лактатных порогов, причем LT1 обычно соответствует началу устойчивого повышения концентрации лактата выше исходного уровня, а LT2 характеризует более выраженный нелинейный рост лактата при дальнейшем увеличении нагрузки [2]. Одним из классических методов является определение нагрузки, соответствующей концентрации лактата 4 ммоль/л. Однако фиксированное значение 4 ммоль/л может недостаточно точно отражать индивидуальные особенности спортсмена. В связи с этим широкое распространение получили математические методы, в частности Dmax и modified Dmax. Метод Dmax позволяет определить точку на кривой «лактат–мощность», наиболее удаленную от прямой линии, соединяющей начальную и конечную точки кривой. Modified Dmax является развитием данного подхода и используется для более надежного определения индивидуального порога [1]. Для велосипедистов значение корректного определения LT2 особенно велико. В исследовании Heuberger et al. различные методы определения лактатного порога демонстрировали корреляции с результатами гонок и временных тестов, однако modified Dmax показал наиболее высокую воспроизводимость и прогностическую способность [1]. Следовательно, при проведении исследований у велосипедистов целесообразно не ограничиваться только фиксированной концентрацией лактата, а использовать индивидуализированные методы определения порога, особенно Dmax или modified Dmax.

Длительные систематические нагрузки, направленные на развитие выносливости, вызывают адаптационные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы. Одним из



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

основных механизмов такой адаптации является увеличение объема циркулирующей крови, вследствие чего на миокард длительное время воздействует повышенная объемная нагрузка. В ответ на это постепенно формируется физиологическое ремоделирование сердца. У спортсменов, специализирующихся на видах спорта преимущественно аэробной направленности, наиболее характерными являются увеличение конечного диастолического объема и массы миокарда левого желудочка, сопровождающиеся пропорциональным расширением его полости. Подобные структурные преобразования обеспечивают более эффективное наполнение сердца в диастолу и позволяют увеличить количество крови, выбрасываемой за одно сердечное сокращение [3,4].

Результаты систематического обзора и метаанализа, посвященного оценке влияния тренировок на выносливость на сердечно-сосудистую систему велосипедистов, свидетельствуют о достоверном увеличении у данной категории спортсменов массы левого желудочка, его конечного диастолического объема, толщины межжелудочковой перегородки и внутреннего диаметра полости по сравнению с лицами, не занимающимися регулярными физическими тренировками. Наиболее выраженным морфологическим изменением является увеличение конечного диастолического диаметра левого желудочка [3]. Подобные изменения имеют непосредственное функциональное значение для обеспечения высокой физической работоспособности. Расширение полости левого желудочка способствует увеличению его диастолического наполнения и, соответственно, ударного объема. Это позволяет сердцу поддерживать необходимый уровень минутного сердечного выброса даже при выполнении продолжительной физической работы высокой интенсивности. Адаптационные процессы затрагивают не только левый желудочек. У спортсменов, регулярно выполняющих значительные объемы аэробной работы, также могут увеличиваться размеры правого желудочка и предсердий. Таким образом, формирование «спортивного сердца» представляет собой комплексную перестройку всех основных структур сердечно-сосудистой системы. Выраженность этих изменений определяется совокупностью факторов, среди которых важное значение имеют возраст спортсмена, вид спортивной специализации, продолжительность тренировочного стажа, интенсивность и общий объем физических нагрузок [4,5].

Одним из важных проявлений адаптации сердечно-сосудистой системы является снижение частоты сердечных сокращений в покое и повышение ударного объема. Увеличение диастолического наполнения позволяет сердцу обеспечивать необходимый сердечный выброс при более низкой частоте сокращений. Исследования спортсменов на выносливость показывают, что стандартная оценка фракции выброса не всегда позволяет полностью характеризовать адаптацию миокарда. У высокотренированных спортсменов фракция выброса может находиться в нижней части диапазона нормальных значений, несмотря на сохраненную или повышенную функциональную способность сердца во время нагрузки [7,8]. В этой связи все большее значение приобретает оценка деформации миокарда методом speckle-tracking echocardiography. Глобальная продольная деформация левого желудочка (LV-GLS) позволяет оценивать механическую функцию миокарда более чувствительно, чем традиционные показатели. Исследование D'Ascenzi F. (2020) спортсменов на выносливость показало, что у спортсменов LV-GLS в покое был ниже по абсолютной величине, чем у контрольных лиц, однако при проведении нагрузочной эхокардиографии сохранялся адекватный сократительный резерв. Авторы связали данные изменения с физиологической адаптацией сердца к тренировкам на выносливость [7]. Таким образом, умеренно сниженные значения некоторых эхокардиографических параметров у спортсменов не должны автоматически интерпретироваться как патологическая дисфункция. Их необходимо оценивать в контексте спортивной специализации, тренировочного стажа, уровня физической работоспособности и ответа сердца на нагрузку.



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Важным аргументом в пользу комплексного использования эхокардиографии и нагрузочного тестирования являются данные о связи морфофункциональных характеристик сердца с показателями физической работоспособности. У спортсменов-велосипедистов более выраженное увеличение массы и размеров левого желудочка сопровождается улучшением возможностей транспорта кислорода и поддержания сердечного выброса. Более ранние исследования велосипедистов уже демонстрировали связь показателей массы левого желудочка, диастолической функции и размеров правого желудочка с кислородным пульсом и функциональной работоспособностью [9]. Современные исследования расширяют эти представления. В 2026 году было показано, что эхокардиографические морфофункциональные характеристики сердца могут быть связаны с функциональными показателями спортивной работоспособности, включая VO_2max и кислородный пульс. Это подтверждает концепцию, согласно которой структурная адаптация сердца имеет непосредственное функциональное значение для обеспечения высокой аэробной производительности [10]. Следовательно, увеличение размеров левого желудочка и улучшение его диастолического наполнения могут рассматриваться как один из структурно-функциональных механизмов, обеспечивающих высокую производительность спортсмена на выносливость.

Несмотря на большое количество исследований, посвященных лактатному порогу и спортивному сердцу, непосредственная корреляция между показателями LT_2/Dmax и конкретными эхокардиографическими параметрами у велосипедистов остается недостаточно изученной. Теоретически такая взаимосвязь может быть представлена следующим образом: тренировочный стаж и объем нагрузки → сердечно-сосудистая адаптация → увеличение ударного объема и сердечного выброса → улучшение доставки кислорода → повышение мощности на лактатном пороге. С другой стороны, повышение индивидуального лактатного порога является результатом не только сердечной адаптации. На него оказывают существенное влияние периферические механизмы: митохондриальная плотность, капилляризация мышечной ткани, активность окислительных ферментов, транспорт лактата и способность мышц использовать лактат в качестве энергетического субстрата. Поэтому нельзя утверждать, что увеличение размеров левого желудочка непосредственно вызывает повышение лактатного порога. Более корректно рассматривать оба показателя как различные проявления комплексной адаптации организма к систематической тренировке на выносливость.

Особый интерес представляет показатель ударного объема. Увеличение конечного диастолического объема левого желудочка способствует увеличению количества крови, выбрасываемого за одно сокращение. Это может поддерживать более высокий сердечный выброс при заданной частоте сердечных сокращений и тем самым способствовать увеличению доставки кислорода к работающим мышцам. Таким образом, можно предположить, что у велосипедистов более высокий лактатный порог должен сочетаться с более выраженной функциональной эффективностью сердечно-сосудистой системы, однако сила этой связи будет зависеть от тренировочного статуса, возраста, пола, массы тела, состава тела, спортивной специализации и периферических метаболических факторов.

В последние годы возрастает внимание к адаптации правого желудочка у спортсменов на выносливость. В отличие от левого желудочка, правый желудочек работает в условиях значительно меньшего давления, но при длительной интенсивной нагрузке испытывает существенное увеличение объема и давления. Эхокардиографические исследования показывают, что продолжительные тренировки на выносливость приводят к увеличению размеров правого желудочка и изменению его функциональных параметров [4,5]. При этом физиологическое ремоделирование необходимо отличать от патологических изменений. Особый интерес представляют данные исследований элитных велосипедистов. При нагрузочной эхокардиографии у профессиональных велосипедистов были выявлены специфические изменения внутрисердечных гемодинамических сил. Во время нагрузки у



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

велосипедистов отмечалось увеличение систолических гемодинамических сил и более благоприятная динамика расслабления левого желудочка в раннюю диастолу по сравнению с нетренированными лицами [11]. Эти результаты позволяют предположить, что оценка сердца только в состоянии покоя может недостаточно полно отражать функциональные возможности спортсмена. Для более глубокой оценки связи между сердечной адаптацией и лактатным порогом перспективным является сочетание эхокардиографии в покое с нагрузочной эхокардиографией.

Использование speckle-tracking эхокардиографии позволяет выявлять функциональные особенности миокарда, которые могут быть незаметны при стандартной оценке фракции выброса [7,8].

В 2025–2026 гг. появились данные о возможности использования показателей myocardial work для характеристики физиологического ремоделирования у спортсменов на выносливость. В частности, нормальные значения myocardial work могут помочь отличать физиологическую адаптацию сердца спортсмена от патологического ремоделирования [12].

Для спортивной медицины наиболее перспективным представляется комплексный подход, при котором результаты лактатного ступенчатого тестирования сопоставляются с морфофункциональными характеристиками сердца. Особенно важным представляется расчет относительных показателей, например массы миокарда и объемов камер сердца на единицу площади поверхности тела или массы тела. Это позволяет уменьшить влияние антропометрических различий между спортсменами.

Перспективным направлением является проведение исследований непосредственно у спортсменов-велосипедистов, в которых лактатное ступенчатое тестирование и эхокардиография выполняются в рамках единого протокола.

Современные данные свидетельствуют о тесной физиологической взаимосвязи между высокой аэробной работоспособностью и структурно-функциональной адаптацией сердечно-сосудистой системы у спортсменов на выносливость. Велосипедисты являются одной из наиболее показательных групп для изучения этой взаимосвязи, поскольку длительные тренировки вызывают выраженное ремоделирование сердца и одновременно обеспечивают высокие значения лактатного порога и аэробной производительности. Лактатное ступенчатое тестирование, особенно при использовании индивидуализированных методов Dmax и modified Dmax, позволяет объективно оценивать интенсивность, соответствующую значительному метаболическому переходу и определять тренировочные зоны [1]. Эхокардиография, в свою очередь, дает возможность оценить морфологический и функциональный субстрат высокой физической работоспособности. У велосипедистов характерны увеличение размеров и объемов левого желудочка, увеличение массы миокарда и выраженная адаптация правых отделов сердца при сохранении физиологической функции [3–6].

Современные методы speckle-tracking эхокардиографии, strain-анализа и оценки myocardial work расширяют возможности выявления функциональных особенностей «спортивного сердца» [7,8,12]. Исследования элитных велосипедистов также демонстрируют наличие специфических изменений внутрисердечной гемодинамики во время нагрузки, включая увеличение систолических гемодинамических сил и улучшение раннего диастолического расслабления [11]. При этом прямые доказательства корреляции конкретных эхокардиографических параметров с LT2 или Dmax у велосипедистов пока ограничены. Поэтому наиболее обоснованным является рассмотрение лактатного порога и эхокардиографических показателей как взаимодополняющих маркеров общей адаптации к тренировкам на выносливость.

Комплексное применение лактатного тестирования и эхокардиографии может стать перспективным инструментом спортивной медицины для индивидуальной оценки функционального состояния велосипедистов, определения тренировочного потенциала,



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

контроля адаптации к нагрузкам и раннего выявления отклонений от физиологического варианта ремоделирования сердца.

Цель исследования — оценить взаимосвязь между показателями порога анаэробного обмена (ПАНО), определёнными по результатам ступенчатого велоэргометрического теста с лактатным контролем, и структурно-функциональными параметрами сердца, полученными методом эхокардиографии, у спортсменов циклической специализации

Материалы и методы.

Проанализированы обезличенные данные 43 спортсменов-велосипедистов (29 мужчин и 14 женщин) в возрасте от 17 до 29 лет ($M = 20,6$ года; $SD = 2,5$ года; медиана — 20 лет). Масса тела в среднем составила $62,4 \pm 7,9$ кг, длина тела — $173,5 \pm 6,9$ см. Обследование проведено в рамках этапного углублённого медицинского осмотра в период с конца сентября по ноябрь 2024 г.; выгрузка сводной таблицы датирована маем 2026 г. Все данные получены из единого файла комплексного обследования и в исследовании не подвергались внешней верификации либо дополнению из иных источников.

Ступенчатый лактатный тест

Тестирование проводилось на велоэргометре по протоколу с исходной ступенью 50 Вт и приростом мощности 25 Вт на каждой последующей ступени (диапазон зафиксированных нагрузок — от 50 до 400 Вт, до 12 ступеней). На каждой ступени регистрировались мощность (Вт), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и концентрация лактата капиллярной крови (ммоль/л). По итоговой лактатной кривой порог анаэробного обмена рассчитывался шестью независимыми методами: классический лактатный порог (LT), метод максимального отклонения от касательной (D_{max}), модифицированный метод D_{max} (Modified D_{max}), а также метод фиксированной концентрации лактата (FBLA) при уровнях 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 и 4,0 ммоль/л. Для нормирования индивидуальной мощности по массе тела рассчитывался показатель относительной мощности на уровне FBLA 4,0 ммоль/л (Вт/кг) — рабочий аналог показателя максимальной алактатной устойчивой мощности, широко используемый в практике велоспорта.

Эхокардиография

Всем спортсменам выполнена трансторакальная эхокардиография в М- и В-режимах с определением диаметра корня аорты, размера левого предсердия (ЛП), конечно-диастолического (КДР) и конечно-систолического (КСР) размеров левого желудочка (ЛЖ), толщины межжелудочковой перегородки (тМЖП) и задней стенки ЛЖ (ЗСЛЖ) в диастолу, размера правого желудочка (ПЖ). Расчётным путём получены масса миокарда ЛЖ и индекс массы миокарда ЛЖ, конечно-диастолический и конечно-систолический объёмы (КДО, КСО) и их индексы к площади поверхности тела ($iKDO$, $iKCO$), ударный объём (УО), фракция укорочения (%S), фракция выброса (ФВ), относительная толщина стенки (ОТС) и площадь поверхности тела (BSA, формула Дюбуа).

Статистический анализ

Описательная статистика представлена как среднее $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$), для отдельных показателей — с указанием минимума и максимума. Взаимосвязи между непрерывными переменными оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона (r) с расчётом двустороннего p -значения. Половые различия оценивались t -критерием Стьюдента для независимых выборок с поправкой Уэлча на неравенство дисперсий. Критический уровень значимости принят равным 0,05; значения $0,05 < p < 0,10$ рассматривались как статистическая тенденция. Один случай с явной опечаткой в поле «рост» (1685 см) скорректирован до



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

вероятного значения 168,5 см на основании антропометрического правдоподобия. Проверка внутренней согласованности исходной таблицы (сопоставление даты рождения и указанного возраста для каждого спортсмена относительно даты обследования) не выявила расхождений, требующих коррекции: во всех 43 случаях указанный возраст отклонялся от возраста, вычисленного по дате рождения, не более чем на 1,3 года, что укладывается в ожидаемую погрешность округления на момент внесения данных.

Результаты исследования:

Основные антропометрические и функциональные характеристики группы в целом и по полу представлены в таблице 1. Мужчины статистически значимо превосходили женщин по массе тела ($65,0 \pm 7,5$ кг против $57,1 \pm 5,7$ кг; $p = 0,0005$) и длине тела ($176,6 \pm 5,0$ см против $167,2 \pm 6,2$ см; $p = 0,0001$), что ожидаемо для смешанной по полу выборки. Женщины были в среднем несколько старше мужчин ($21,6 \pm 3,1$ года против $20,1 \pm 2,1$ года), однако различие не достигало статистической значимости ($p = 0,102$). При этом относительная мощность на уровне FBLA 4 ммоль/л между полами не различалась ($3,85 \pm 0,54$ против $3,92 \pm 0,45$ Вт/кг; $p = 0,72$), а максимальная концентрация лактата в тесте была практически идентичной ($11,54$ против $11,41$ ммоль/л; $p = 0,90$).

Показатель	Вся группа (n = 43)	Мужчины (n = 29)	Женщины (n = 14)	p (М vs Ж)
Возраст, лет	$20,6 \pm 2,5$	$20,1 \pm 2,1$	$21,6 \pm 3,1$	0,102
Масса тела, кг	$62,4 \pm 7,9$	$65,0 \pm 7,3$	$57,1 \pm 6,1$	0,0005
Длина тела, см	$173,5 \pm 6,9$	$176,6 \pm 5,7$	$167,2 \pm 3,9$	<0,0001
Макс. лактат, ммоль/л	$11,5 \pm 3,0$	$11,54 \pm 3,1$	$11,41 \pm 2,8$	0,90
FBLA 4 ммоль/л, Вт/кг	$3,87 \pm 0,51$	$3,85 \pm 0,54$	$3,92 \pm 0,45$	0,72

Таблица 1. Общая характеристика обследованной группы велосипедистов ($M \pm SD$)

Мощность порога анаэробного обмена существенно различалась в зависимости от применённого расчётного метода (табл. 2). Наименьшие значения давал метод Dmax ($206,0 \pm 32,7$ Вт), наибольшие — метод фиксированной концентрации лактата 4,0 ммоль/л ($239,8 \pm 30,6$ Вт); разница между ними составила в среднем $33,9 \pm 24,4$ Вт (систематическое занижение методом Dmax относительно FBLA4). Несмотря на выраженное систематическое расхождение абсолютных значений, все методы демонстрировали значимую положительную взаимосвязь между собой: коэффициент корреляции между Dmax и FBLA 4 ммоль/л составил $r = 0,704$ ($p < 0,001$; $n = 43$), между классическим LT и FBLA 4 ммоль/л — $r = 0,675$ ($p < 0,001$; $n = 43$). Это указывает на удовлетворительную относительную (ранговую) сопоставимость методов при неудовлетворительной абсолютной взаимозаменяемости, что имеет прямое практическое значение при выборе метода для назначения тренировочных зон интенсивности.

Метод определения порога	Мощность, Вт ($M \pm SD$)	n
LT (классический лактатный порог)	$222,7 \pm 39,7$	43
Dmax	$206,0 \pm 32,7$	43
Modified Dmax	$219,8 \pm 31,9$	43
FBLA 4,0 ммоль/л	$239,8 \pm 30,6$	43



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Метод определения порога	Мощность, Вт ($M \pm SD$)	n
FBLA 3,5 ммоль/л	$231,2 \pm 29,6$	43
FBLA 3,0 ммоль/л	$221,2 \pm 28,8$	43

Таблица 2. Мощность порога анаэробного обмена, рассчитанная разными методами

Частота сердечных сокращений на уровне классического лактатного порога составила в среднем $168,2 \pm 13,0$ уд/мин, тогда как на уровне FBLA 4,0 ммоль/л — $175,4 \pm 10,1$ уд/мин, что закономерно отражает более высокую интенсивность работы, соответствующую фиксированной концентрации 4 ммоль/л по сравнению с индивидуально определяемым первым лактатным порогом.

Описательная статистика эхокардиографических показателей представлена в таблице 3. Средняя масса миокарда ЛЖ составила $166,2 \pm 26,4$ г (индекс массы миокарда ЛЖ — $89,9 \pm 11,8$ г/м²), фракция выброса — $62,1 \pm 3,1$ % (диапазон 59,8–73,9 %), то есть у всех обследованных находилась в пределах физиологической нормы, случаев сниженной фракции выброса в выборке не зафиксировано.

Показатель	$M \pm SD$	Мин	Макс
Аорта, мм	$30,0 \pm 2,1$	28,8	37,3
Левое предсердие, мм	$25,7 \pm 5,2$	22,0	38,0
КДР ЛЖ, мм	$48,8 \pm 4,4$	43,0	59,9
КСР ЛЖ, мм	$32,0 \pm 2,6$	26,6	38,3
тМЖП, мм	$9,6 \pm 0,7$	8,1	11,1
ЗСЛЖ, мм	$9,6 \pm 0,8$	7,5	10,9
ПЖ, мм	$19,1 \pm 2,2$	10,7	23,8
Масса миокарда ЛЖ, г	$166,2 \pm 26,4$	125,0	243,0
Индекс массы миокарда ЛЖ, г/м ²	$89,9 \pm 11,8$	66,8	118,9
КДО ЛЖ, мл	$112,2 \pm 25,0$	78,0	179,0
КСО ЛЖ, мл	$42,0 \pm 8,6$	26,0	63,0
iКДО, мл/м ²	$60,5 \pm 11,8$	46,0	97,8
iКСО, мл/м ²	$22,6 \pm 4,1$	14,3	34,6
УО, мл	$70,2 \pm 17,4$	50,0	117,0
ФВ, %	$62,1 \pm 3,1$	59,8	73,9
ОТС	$0,35 \pm 0,11$	0,15	0,47

Таблица 3. Эхокардиографические показатели обследованной группы (n = 43)

Масса тела закономерно и статистически значимо положительно коррелировала с массой миокарда ЛЖ ($r = 0,612$; $p < 0,001$), что отражает общую антропометрическую детерминацию размеров сердца и само по себе не является специфическим тренировочным эффектом. Существенно более информативным для целей настоящей работы стал анализ связи относительной, нормированной по массе тела аэробной мощности (Вт/кг на уровне FBLA 4 ммоль/л) с эхокардиографическими показателями (табл. 4).

Выявлена статистически значимая отрицательная связь между относительной мощностью порога и толщиной задней стенки ЛЖ ($r = -0,320$; $p = 0,036$) и толщиной



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

межжелудочковой перегородки ($r = -0,358$; $p = 0,019$), а также статистическая тенденция к отрицательной связи с индексом массы миокарда ЛЖ ($r = -0,274$; $p = 0,075$). Иными словами, спортсмены с более высокой относительной мощностью на уровне анаэробного порога в среднем имели несколько более тонкие стенки левого желудочка. Показатели насосной функции сердца — фракция выброса ($r = 0,079$; $p = 0,614$), ударный объём ($r = -0,033$; $p = 0,835$) и индексированный конечно-диастолический объём ($r = 0,020$; $p = 0,900$) — статистически значимой связи с уровнем аэробной работоспособности не показали. ЧСС на уровне классического лактатного порога слабо, но статистически значимо положительно коррелировала с массой миокарда ЛЖ ($r = 0,306$; $p = 0,046$).

Пара показателей	r	p	n
Масса тела — Масса миокарда ЛЖ	0,612	<0,001	43
Вт/кг (FBLA4) — тМЖП	-0,358	0,019	43
Вт/кг (FBLA4) — ЗСЛЖ	-0,320	0,036	43
Вт/кг (FBLA4) — Индекс массы миокарда ЛЖ	-0,274	0,075	43
ЧСС(LT) — Масса миокарда ЛЖ	0,306	0,046	43
Вт/кг (FBLA4) — Фракция выброса	0,079	0,614	43
Вт/кг (FBLA4) — Ударный объём	-0,033	0,835	43
Вт/кг (FBLA4) — iКДО	0,020	0,900	43
Максимальный лактат — Фракция выброса	0,152	0,331	43

Таблица 4. Корреляции между показателями лактатного теста и эхокардиографическими параметрами

При раздельном анализе внутри мужской подгруппы ($n = 29$) направленность связей сохранялась: отрицательная связь Вт/кг (FBLA4) с индексом массы миокарда ЛЖ приближалась к уровню значимости ($r = -0,363$; $p = 0,053$), тогда как связь с фракцией выброса оставалась незначимой ($r = 0,092$; $p = 0,636$). Половые различия по эхокардиографическим показателям были умеренными: масса миокарда ЛЖ у мужчин была статистически значимо выше, чем у женщин ($173,5 \pm 24,1$ г против $151,1 \pm 25,2$ г; $p = 0,010$), для толщины ЗСЛЖ и тМЖП различия достигали уровня статистической тенденции ($p = 0,060$ и $p = 0,060$ соответственно), тогда как по индексированным к площади поверхности тела показателям (iКДО, индекс массы миокарда ЛЖ) статистически значимых половых различий не выявлено ($p = 0,86$ и $p = 0,36$ соответственно), то есть исходное различие по абсолютным размерам сердца в существенной части объясняется различием в размерах тела.

Обсуждение:

Основной результат работы — статистически значимая отрицательная связь относительной (нормированной по массе тела) мощности на уровне лактатного порога 4 ммоль/л с толщиной стенок левого желудочка при отсутствии связи с фракцией выброса и ударным объёмом. Такой характер взаимосвязей заслуживает осторожной интерпретации в нескольких аспектах.

Во-первых, масса тела в обследованной группе одновременно выступает знаменателем относительного показателя мощности (Вт/кг) и положительным коррелятом линейных размеров сердца (масса миокарда ЛЖ, $r = 0,612$), поскольку более крупное тело физиологически сопряжено с более крупным сердцем независимо от уровня тренированности. Это создаёт математически ожидаемую тенденцию к отрицательной связи Вт/кг с



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

абсолютными эхокардиографическими размерами даже при отсутствии прямой физиологической причинности: чем крупнее спортсмен, тем при прочих равных ниже его показатель на килограмм массы тела и тем больше абсолютные размеры сердца. Данное наблюдение не опровергает найденную связь, но требует её трактовки как отчасти опосредованной антропометрическим фактором, а не как прямого свидетельства неблагоприятного влияния гипертрофии миокарда на относительную работоспособность.

Во-вторых, отсутствие связи ФВ и УО с уровнем аэробной работоспособности при сохранении ФВ у всех обследованных в пределах нормальных значений (59,8–73,9 %) согласуется с общим представлением о том, что систолическая функция левого желудочка у здоровых тренированных лиц сохраняется стабильной независимо от текущего уровня специальной выносливости и не является лимитирующим звеном на данном этапе адаптации; ведущую роль в обеспечении высокой относительной мощности, по-видимому, играют периферические (мышечные, капиллярные, буферные) механизмы, не отражённые в данном наборе эхокардиографических показателей.

В-третьих, обращает на себя внимание выраженное методическое расхождение абсолютных значений мощности порога анаэробного обмена между разными расчётными алгоритмами (от 206 до 240 Вт в среднем по группе) при сохранении высокой ранговой согласованности между ними ($r = 0,675–0,704$). Практическое следствие этого наблюдения — необходимость использования одного и того же метода расчёта порога на всех этапах динамического наблюдения за конкретным спортсменом, поскольку смена метода определения порога способна давать клинически значимый сдвиг «зоны ПАНО» на 20–35 Вт даже при отсутствии реальных изменений тренированности.

Отдельного упоминания заслуживает практически полное отсутствие половых различий по относительной мощности на уровне FBLA 4 ммоль/л (3,85 против 3,92 Вт/кг; $p = 0,72$) на фоне статистически значимых различий по массе миокарда ЛЖ в абсолютных величинах. После индексирования к площади поверхности тела различия по массе миокарда и объёмным показателям ЛЖ теряли статистическую значимость, что подтверждает известное положение о том, что видимые половые различия эхокардиографических параметров сердца спортсменов в значительной степени объясняются антропометрическими различиями, а не специфически иной степенью физиологического ремоделирования миокарда.

Заключение: На выборке из 43 спортсменов-велосипедистов установлена статистически значимая отрицательная связь относительной аэробной мощности на уровне лактатного порога 4 ммоль/л с толщиной стенок левого желудочка (тМЖП, ЗСЛЖ) при отсутствии связи с фракцией выброса и ударным объёмом сердца, что согласуется с представлением о том, что систолическая функция сердца у тренированных спортсменов сохраняется стабильной вне прямой зависимости от текущего уровня специальной выносливости, тогда как линейные размеры сердца в значительной мере определяются антропометрическими характеристиками. Разные методы расчёта порога анаэробного обмена дают статистически согласованные, но количественно несопоставимые значения мощности, что требует единообразия методики при динамическом наблюдении за спортсменом. Половые различия эхокардиографических показателей велосипедистов в основном нивелируются после индексирования к площади поверхности тела. Полученные результаты носят описательный, гипотезообразующий характер и нуждаются в проверке на более однородных по возрасту и стажу выборках с использованием продольного (лонгитюдного) дизайна.

Список литературы

1. Heuberger J.A.A.C., Gal P., Stuurman F.E., et al. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *PLoS One*. 2018;13(11).



**URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI**

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

2. The contemporary role of lactate in exercise physiology and exercise prescription – a review of the literature. 2025. Современный обзор концепций LT1, LT2, MLSS, OBLA, 4 mmol/L, Dmax и modified Dmax.
3. Impact of endurance exercise on the heart of cyclists: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*. 2021. Систематический обзор и метаанализ структурных и функциональных характеристик сердца у велосипедистов.
4. Finocchiaro G., Papadakis M., Sharma S. et al. The spectrum of change in the elite athlete's heart. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2019;32(8):978–986.
5. Baggish A.L., Battle R.W., Beckman J.A., et al. The athlete's heart: insights from echocardiography. *Echo Research & Practice*. 2023.
6. Sharma S., et al. The Athlete's Heart—Challenges and Controversies: JACC Focus Seminar 4/4. *Journal of the American College of Cardiology*. 2022;80(14).
7. D'Ascenzi F., Anselmi F., Focardi M., et al. Speckle tracking evaluation in endurance athletes: the "optimal" myocardial work. 2020.
8. Exercise stress echocardiography in athletes: applications, methodology, and challenges. 2024. Обзор применения нагрузочной эхокардиографии, GLS и myocardial work у спортсменов.
9. Cardiac structural and functional changes in competitive amateur cyclists. Исследование структурно-функциональной адаптации сердца у велосипедистов и ее связи с показателями спироэргометрии.
10. Echocardiographic morpho-functional parameters predictors of maximal oxygen uptake and oxygen pulse in a large cohort of elite athletes practicing different sporting disciplines. *International Journal of Cardiology*. 2026;450:134233.
11. Structural and functional remodeling for elite cyclists during exercise; pressure-volume loops and hemodynamic forces analysis. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2024.
12. Myocardial work index as a marker for physiologic cardiac remodeling in elite endurance athletes. *International Journal of Cardiology*. 2026;442:133863.
13. No evidence of adverse cardiac remodeling in former elite endurance athletes. *International Journal of Cardiology*. 2016;222:171–177.
14. Absence of cardiac damage induced by long-term intensive endurance exercise training: a cardiac magnetic resonance and exercise echocardiography analysis in masters athletes. 2021.
15. Aging athlete's heart: an echocardiographic evaluation of competitive sprint- versus endurance-trained master athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2021;34(11):1160–1169.
16. Cardiac remodeling and myocardial late gadolinium enhancement in competitive amateur cyclists: insights from cardiac MRI. *International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2026.