

СКОРОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ БЕГА НА ДИСТАНЦИИ У ЭЛИТНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Тюрюмин Я.Л.

Аннотация. В статье рассматриваются показатели скорости потребления кислорода в соответствии с максимальной скоростью бега на протяжении всей дистанции у элитных спортсменов для достижения мировых рекордных результатов. Цель исследования. Используя модель «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы, описать показатели скорости потребления кислорода в соответствии со скоростью бега у элитных спортсменов. Результаты. Обсуждается механизм повышения эффективности работы кардиореспираторной системы в соответствии со скоростью потребления кислорода и со скоростью бега у элитных спортсменов. Выводы. Представленная модель помогла получить показатели скорости потребления кислорода в соответствии с максимальной скоростью бега у элитных спортсменов.

Ключевые слова: «спортивное» сердце, сердечно-сосудистая система, системы дыхания, гликолитическая система.

Oxygen consumption rate and maximum running speed in elite athletes

Turumin J.L.

Abstract. This article examines the rate of oxygen consumption in relation to maximum running speed over the entire distance in elite athletes achieving world record results. The aim of the study was to describe the rate of oxygen consumption in relation to maximum running speed in elite athletes using a model of the "ideal" or "proper" cardiorespiratory system. Results: The mechanism for improving the efficiency of the cardiorespiratory system in relation to the rate of oxygen consumption and maximum running speed in elite athletes is discussed. Conclusions: The presented model helped to obtain rate of oxygen consumption in relation to maximum running speed in elite athletes.

Key words: athlete's heart, cardiovascular system, respiratory system, glycolytic system.

Введение. Скорость потребления кислорода является показателем наличия возможностей для достижения результатов близких к мировым рекордам у элитных спортсменов [1, 8-10]. Скорость бега спортсменов на протяжении всей дистанции тесно взаимосвязана со скоростью потребления кислорода [1, 8, 9].

Рекордные результаты на дистанциях 3000 м, 5000 м, 10000 м и 42195 м в большей степени зависят от аэробных возможностей спортсменов, используемых на протяжении всей дистанции [1, 8, 9].

Очень важное значение имеют не максимальные показатели скорости потребления кислорода, а средние показатели скорости потребления кислорода, которые демонстрируют элитные спортсмены на протяжении всей дистанции [1, 8, 9]. На дистанциях 3000 м и 5000 м последний круг и финиш элитные спортсмены могут пробежать в лактатной анаэробной зоне [1, 8, 9].

Рекордные результаты на дистанциях 800 м и 1500 м в большей степени зависят от аэробно-анаэробных возможностей спортсменов [1, 8, 9].

Основная задача элитных спортсменов пробежать дистанцию 800 м и 1500 м в аэробно-анаэробной зоне, а последний круг и финиш пробежать в лактатной анаэробной зоне [1, 8, 9].

Вопрос заключается в том, какие показатели работы сердечно-сосудистой системы, системы дыхания и системы крови должны быть на протяжении всей дистанции у элитных спортсменов и соответствовать скорости потребления кислорода и максимальной скорости бега для достижения мировых рекордных результатов [1, 8-10].

Ранее было показано, что скорость потребления кислорода зависит от эффективности работы кардио-респираторной системы и скорости потребления кислорода во время аэробно-анаэробной и анаэробной лактатной физической нагрузки [2-7].

Цель исследования. Используя модель «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы, описать показатели сердечно-сосудистой системы, системы дыхания и гликолитической системы в соответствии со скоростью потребления кислорода и максимальной скоростью бега на протяжении всей дистанции у элитных спортсменов для достижения мировых рекордных результатов.

Методы исследования. Использовали модель «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы и Эхо-КГ в зависимости от периодов и фаз сердечного цикла в соответствии с данными ЭКГ [2-7]. Максимальную ЧСС (ЧСС_{макс}) рассчитывали по Fox S.M. et al. Используемые функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и системы дыхания соответствовали зонам тренировочных нагрузок [2-7]. Для описания гликолитической системы использовали: концентрацию лактата в крови (Лактат), лактатный кислородный долг (ЛКД), рН крови (рН), показатели не метаболического CO₂ («избыток» CO₂) [1, 8, 9]. Лактатный аэробный порог = 2 ммоль/л (ЛАП-2). Лактатный анаэробный порог = 4 ммоль/л (ЛАП-4).

Основная часть. Показатели различных функциональных систем в аэробно-анаэробной зоне (ЛАП-2 и ЛАП-4) на дистанции 42195 м:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 155-170 уд/мин. КДО_{лж} = 220 мл. КСО_{лж} = 22 мл. УО_{лж} = 198 мл. ФВ_{лж} = 90 МОК = 30.69-33.66 л/мин. Система дыхания: ДО = 3241-3506 мл. МОД = 100.46-119.21 л/мин. ЧДД = 31-34 д/мин. АДО = 3026-3291 мл. ОАВ = 93.80-111.98 л/мин. V-CO₂ = 5016-6777 мл/мин. ДК = 1.05-1.19. V/Q = 3.06-3.32. Система крови: АВР-O₂ = 78-85%. V-O₂ = 4786-5709 мл O₂/мин. Лактат = 2.00-4.09 ммоль/л. «Избыток» CO₂ = 230-1068 мл CO₂/мин. рН = 7.33-7.37. ЛКД = 2.26-4.63 л O₂. Средняя скорость движения на дистанции = 5.86 м/с, в соответствии с рекордным временем (02:01:39).

Показатели различных функциональных систем в аэробно-анаэробной зоне (ЛАП-2 и ЛАП-4) на дистанции 10000 м:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 155-170 уд/мин. КДО_{лж} = 230 мл. КСО_{лж} = 23 мл. УО_{лж} = 207 мл. ФВ_{лж} = 90%. МОК = 32.09-35.19 л/мин. Система дыхания: ДО = 3409-3678 мл. МОД = 105.66-125.04 л/мин. ЧДД = 31-34 д/мин. АДО = 3189-3458 мл. ОАВ = 98.84-117.56 л/мин. V-CO₂ = 5286-7103 мл/мин. ДК = 1.05-1.18. V/Q = 3.08-3.34. Система крови: АВР-O₂ = 78-85%. V-O₂ = 5043-5998

мл O_2 /мин. Лактат = 2.00-4.00 ммоль/л. «Избыток» CO_2 = 242-1105 мл CO_2 /мин. рН = 7.33-7.37. ЛКД = 2.26-4.53 л O_2 . Средняя скорость движения на дистанции = 6.37 м/с, в соответствии с рекордным временем (00:26:39.020).

Показатели различных функциональных систем в аэробно-анаэробной зоне (ЛАП-2 и ЛАП-4) на дистанции 5000 м:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 155-170 уд/мин. КДОлж = 240 мл. КСОлж = 24 мл. УОлж = 216 мл. ФВлж = 90%. МОК = 33.48-36.72 л/мин. Система дыхания: ДО = 3552-3833 мл. МОД = 110.12-130.32 л/мин. ЧДД = 31-34 д/мин. АДО = 3327-3608 мл. ОАВ = 103.14-122.67 л/мин. V- CO_2 = 5515-7430 мл/мин. ДК = 1.05-1.19. V/Q = 3.08-3.34. Система крови: АВР- O_2 = 78-85%. V- O_2 = 5262-6259 мл O_2 /мин. Лактат = 2.00-4.09 ммоль/л. «Избыток» CO_2 = 253-1171 мл CO_2 /мин. рН = 7.33-7.37. ЛКД = 2.26-4.63 л O_2 . Средняя скорость движения на дистанции = 6.62 м/с, в соответствии с рекордным временем (00:12:35.360).

Показатели различных функциональных систем в аэробно-анаэробной зоне (ЛАП-2 и ЛАП-4) на дистанции 3000 м (00:07:20.670):

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 155-170 уд/мин. КДОлж = 250 мл. КСОлж = 25 мл. УОлж = 225 мл. ФВлж = 90%. МОК = 34.88-38.25 л/мин. Система дыхания: ДО = 3701-3993 мл. МОД = 114.72-135.77 л/мин. ЧДД = 31-34 д/мин. АДО = 3466-3758 мл. ОАВ = 107.44-127.78 л/мин. V- CO_2 = 5745-7723 мл/мин. ДК = 1.05-1.18. V/Q = 3.08-3.34. Система крови: АВР- O_2 = 78-85%. V- O_2 = 5482-6520 мл O_2 /мин. Лактат = 2.0-4.01 ммоль/л. «Избыток» CO_2 = 264-1204 мл CO_2 /мин. рН = 7.33-7.37. ЛКД = 2.26-4.54 л O_2 . Средняя скорость движения на дистанции = 6.81 м/с, в соответствии с рекордным временем (00:07:20.670).

Показатели различных функциональных систем в лактатной анаэробной зоне (> ЛАП-4) на дистанции 1500 м:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 170-190 уд/мин. КДОлж = 240 мл. КСОлж = 24-43 мл. УОлж = 197-216 мл. ФВлж = 82-90%. МОК = 36.72-37.39 л/мин. Система дыхания: ДО = 3833-3853 мл. МОД = 130.32-146.43 л/мин. ЧДД = 34-38 д/мин. АДО = 3608-3628 мл. ОАВ = 122.67-137.88 л/мин. V- CO_2 = 7430-9476 мл/мин. ДК = 1.19-1.35. V/Q = 3.34-3.69. Система крови: АВР- O_2 = 85-94%. V- O_2 = 6259-7035 мл O_2 /мин. Лактат = 4.09-14.12 ммоль/л. «Избыток» CO_2 = 1171-2442 мл CO_2 /мин. рН = 7.14-7.33. ЛКД = 4.63-15.98 л O_2 . Средняя скорость движения на дистанции = 7.28 м/с, в соответствии с рекордным временем (00:03:26.000).

Показатели различных функциональных систем в лактатной анаэробной зоне (> ЛАП-4) на дистанции 800 м:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 170-190 уд/мин. КДОлж = 250 мл. КСОлж = 25-45 мл. УОлж = 205-225 мл. ФВлж = 82-90%. МОК = 38.25-38.95 л/мин. Система дыхания: ДО = 3993-4015 мл. МОД = 135.77-152.56 л/мин. ЧДД = 34-38 д/мин. АДО = 3758-3780 мл. ОАВ = 127.78-143.63 л/мин. V- CO_2 = 7723-9949 мл/мин. ДК = 1.18-1.36. V/Q = 3.34-3.69. Система крови: АВР- O_2 = 85-94%. V- O_2 = 6520-7328 мл O_2 /мин. Лактат = 4.01-15.58 ммоль/л. «Избыток» CO_2 = 1204-2621 мл CO_2 /мин. рН = 7.12-7.33. ЛКД = 4.54-17.63 л O_2 . Средняя скорость движения на дистанции = 7.93 м/с, в соответствии с рекордным временем (00:01:40.910).

Выводы. Таким образом, используемая объединенная модель работы «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы помогла описать показатели сердечно-сосудистой системы, системы дыхания и гликолитической системы в соответствии со скоростью потребления кислорода и скоростью бега на дистанции у элитных спортсменов для достижения мировых рекордных результатов [1, 8-10].

С увеличением конечно-диастолического объема и ударного объема левого желудочка во время аэробно-анаэробной физической нагрузки повышается минутный объем крови [2-7].

Синхронизация работы сердечно-сосудистой системы и системы дыхания способствует увеличению альвеолярной вентиляции и альвеолярной перфузии в легких, и, как следствие, повышение скорости потребления кислорода и скорости бега на протяжении всей дистанции у элитных спортсменов для достижения мировых рекордных результатов [2-7].

Элитные спортсмены, обладающие уникальными физиологическими данными сердечно-сосудистой системы, системы дыхания и гликолитической системы во время аэробно-анаэробной и анаэробной лактатной физической нагрузки, могут иметь преимущество перед другими спортсменами для достижения мировых рекордных результатов [1, 8-10].

Литература

1. Платонов, В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов / В.Н. Платонов. – М.: Спорт, 2019. – 656 с. – ISBN 978-5-9500183-3-6.
2. Тюрюмин Я.Л. «Спортивное» сердце: ЧССмакс, ЭКГ и ЭхоКГ // Спорт - дорога к миру между: сб. науч. работ. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2023. – С. 212-216. – ISBN 978-5-6050446-1-1.
3. Тюрюмин Я.Л. Характеристика частоты сердечного сокращения при выполнении физических нагрузок. ЧСС-170: ЭКГ И ЭхоКГ // Тенденции развития легкоатлетического спорта в России и мире в современных условиях: проблемы и перспективы: сб. науч. работ. - М.: РУС «ГЦОЛИФК». – 2024. – С. 34-38. – ISBN 978-5-6050446-0-4.
4. Тюрюмин Я.Л. «Спортивное» сердце при ЧСС-155: ЭКГ и ЭхоКГ // Спортивная адаптология: перспективы развития: сб. науч. работ. – М.: РУС «ГЦОЛИФК». – 2024. – С. 49-53. – ISBN 978-5-6050447-8-9.
5. Тюрюмин, Я.Л. «Спортивное» сердце (КДО=148 мл) и система дыхания / Я.Л. Тюрюмин // Актуальные вопросы общей теории физической культуры и спорта: сб. науч. работ. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2024. – С. 264-268. – ISBN 978-5-6053463-3-3.
6. Тюрюмин, Я.Л. Синхронизация кардиореспираторной системы в различных зонах тренировочных нагрузок / Я.Л. Тюрюмин // Тенденции развития легкоатлетического спорта в России и мире в современных условиях: проблемы и перспективы: сб. науч. работ. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2024. – С. 94-98. – ISBN 978-5-6050448-9-5.
7. Тюрюмин, Я.Л. Особенности кардиореспираторной системы у спортсменов высокой квалификации / Я.Л. Тюрюмин // Физическая реабилитация и спортивная медицина: теория и практика: сб. науч. работ. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2025. – С. 302-307. – ISBN 978-5-6053463-3-3.
8. Kaminsky, L.A. Updated reference standards for cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing: data from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND) / L.A. Kaminsky, R. Arena, J. Myers et al // Mayo Clin Proc. – 2022. – Vol. 97, No. 2. – P. 285-293. PMID: 34809986.

9. Kenney, W.L. Physiology of sport and exercise / W.L. Kenney, J.H. Wilmore, D. L. Costill. – 5th ed. – New York: Human Kinetics, 2012. – 642 p. – ISBN 978-0-7360-9409-2.

10. La Gerche, A. Cardiac MRI: a new gold standard for ventricular volume quantification during high-intensity exercise / A. La Gerche, G. Claessen, A. Van de Bruaene // Circ Cardiovasc Imaging. – 2013. – Vol. 6, No. 2. – P. 329-338. PMID: 23258478.

Тюрюмин Я.Л. Скорость потребления кислорода и максимальная скорость бега на дистанции у элитных спортсменов // Материалы II университетской научно-практической конференции «Физическая подготовка: проблемы и решения» (2 апреля 2026 г.) – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2026. – С. 99-104. – 0,29 печ. л. – ISBN 978-5-6055636-8-6 – РИНЦ.