

СКОРОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ЭЛИТНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Тюрюмин Я.Л.

Аннотация. В статье рассматриваются максимальные показатели скорости потребления кислорода у элитных спортсменов для достижения результатов близких к мировым рекордам. Цель исследования. Используя модель «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы, описать максимальные показатели скорости потребления кислорода у элитных спортсменов. Результаты. Обсуждается механизм повышения эффективности работы сердечно-сосудистой системы и системы дыхания в соответствии со скоростью потребления кислорода у элитных спортсменов. Выводы. Представленная модель «идеальной» или «должной» кардиореспираторной системы помогла получить максимальные показатели скорости потребления кислорода у элитных спортсменов для достижения результатов близких к мировым рекордам.

Ключевые слова: «спортивное» сердце, вентиляционно-перфузионный коэффициент, система дыхания.

Oxygen consumption rate and data of cardiorespiratory system in elite athletes

Turumin J.L.

Abstract. This article examines the maximal data of oxygen consumption rate in elite athletes, enabling them to achieve results close to world records. Purpose: Using a model of the "ideal" or "proper" cardiorespiratory system, to describe the oxygen consumption rate in elite athletes. Results: The mechanism for increasing the efficiency of the cardiovascular and respiratory systems in accordance with oxygen consumption rate in elite athletes is discussed. Conclusions: The presented model of the "ideal" or "proper" cardiorespiratory system helped to obtain the maximal data of oxygen consumption rate in elite athletes, enabling them to achieve results close to world records.

Key words: athlete's heart, ventilation-perfusion ratio, respiratory system.

Введение. Эффективность работы сердечно-сосудистой система, системы дыхания и системы крови определяет максимальные показатели скорости потребления кислорода у элитных спортсменов [1-2, 9-10].

Скорость потребления кислорода является показателем наличия возможностей для достижения результатов близких к мировым рекордам у элитных спортсменов [1-2, 9-10].

Ранее было показано, что одной из главных причин снижения эффективности работы кардио-респираторной системы и снижения скорости потребления кислорода является снижение капиллярной перфузии альвеол на фоне увеличения процессов вентиляции альвеолярного пространства, т.е. повышение вентиляционно-перфузионного коэффициента выше пределов физиологических границ [3-8].

Возникла уникальная ситуация: спортсмен увеличивает частоту дыхательных движений, дыхательный объём и минутный объём дыхания, но

кислорода все равно не хватает для выполнения максимальных физических нагрузок [3-8].

Причиной возникновения такой ситуации может быть недостаточный объем капиллярной перфузии альвеол не смотря на избыточный объем легочной вентиляции [3-8].

Вопрос заключается в том, какие показатели работы сердечно-сосудистой системы, системы дыхания и системы крови могут быть увеличены для повышения скорости потребления кислорода у элитных спортсменов у элитных спортсменов для достижения результатов близких к мировым рекордам [1-2, 9-10]

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 у элитных спортсменов для достижения результатов близких к мировым рекордам.

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 [3-8]. Максимальную ЧСС (ЧСС_{макс}) рассчитывали по Fox S.M. et al. Используемые функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и системы дыхания соответствовали зонам тренировочных нагрузок [3-8]. Для описания гликолитической системы использовали: концентрацию молочной кислоты в крови (МК), лактатный кислородный долг (ЛКД), рН крови (рН), показатели не метаболического CO₂ («избыток» CO₂) [1-2, 9-10].

Основная часть. Показатели различных систем в покое:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 35-50 уд/мин. Конечнодиастолический объем левого желудочка (КДО_{лж}) = 260 мл. Конечносистолический объем левого желудочка (КСО_{лж}) = 107-120 мл. Ударный объем левого желудочка (УО_{лж}) = 140-153 мл. Фракция выброса левого желудочка (ФВ_{лж}) = 54-59%. Минутный объем крови (МОК) = 4.90-7.66 л/мин.

Система дыхания: Дыхательный объем (ДО) = 935-1181 мл. Минутный объем дыхания (МОД) = 6.54-11.81 л/мин. Частота дыхательных движений (ЧДД) = 7-10 д/мин. Альвеолярный дыхательный объем (АДО) = 700-946 мл. Объем альвеолярной вентиляции (ОАВ) = 4.90-9.48 л/мин. Скорость выделения углекислого газа (V-CO₂) = 174-340 мл CO₂/мин. Дыхательный коэффициент (ДК) = 0.70. Вентиляционно-перфузионный коэффициент (V/Q) = 1.00-1.24.

Система крови: Артериовенозная разница по кислороду (АВР-O₂) = 25-31%. Скорость потребления кислорода (V-O₂) = 250-483 мл O₂/мин. Концентрация молочной кислоты (МК) = 0.5 ммоль/л. «Избыток» CO₂ = 0. рН крови = 7.40. Лактатный кислородный долг (ЛКД) = 0 л O₂.

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 50-70 уд/мин. КДО_{лж} = 260-262 мл. КСО_{лж} = 89-107 мл. УО_{лж} = 120-171 мл. ФВ_{лж} = 59-66%. МОК = 7.66-11.96 л/мин.

Система дыхания: ДО = 1181-1576 мл. МОД = 11.81-22.06 л/мин. ЧДД = 10-14 д/мин. АДО = 946-1341 мл. ОАВ = 9.46-18.77 л/мин. V-CO₂ = 340-709 мл СО₂/мин. ДК = 0.70-0.74. V/Q = 1.24-1.57.

Система крови: АВР-О₂ = 31-40%. V-О₂ = 483-958 мл О₂/мин. МК = 0.5 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 0. рН крови = 7.40. ЛКД = 0 л О₂.

Аэробная восстановительная зона («зона сжигания жиров»):

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 100-120 уд/мин. КДОлж = 262-270 мл. КСОлж = 47-63 мл. УОлж = 199-223 мл. ФВлж = 76-83%. МОК = 19.89-26.80 л/мин.

Система дыхания: ДО = 2294-2920 мл. МОД = 45.89-70.09 л/мин. ЧДД = 20-24 д/мин. АДО = 2059-2685 мл. ОАВ = 41.19-64.45 л/мин. V-CO₂ = 1687-2776 мл СО₂/мин. ДК = 0.80-0.84. V/Q = 2.07-2.40.

Система крови: АВР-О₂ = 53-61%. V-О₂ = 2101-3288 мл О₂/мин. МК = 0.5 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 0. рН = 7.40. ЛКД = 0 л О₂.

Аэробная восстановительная зона (зона кардиовыносливости):

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 120-140 уд/мин. КДОлж = 270 мл. КСОлж = 27-47 мл. УОлж = 223-243 мл. ФВлж = 84-90%. МОК = 26.80-34.02 л/мин.

Система дыхания: ДО = 2920-3563 мл. МОД = 70.09-99.75 л/мин. ЧДД = 24-28 д/мин. АДО = 2685-3328 мл. ОАВ = 64.45-93.17 л/мин. V-CO₂ = 2776-4211 мл/мин. ДК = 0.84-0.89. V/Q = 2.40-2.74.

Система крови: АВР-О₂ = 61-70%. V-О₂ = 3288-4754 мл/мин. МК = 0.5 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 0. рН = 7.40. ЛКД = 0 л О₂.

Аэробная тренирующая зона (лактатный порог 1):

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 140-155 уд/мин. КДОлж = 270 мл. КСОлж = 27 мл. УОлж = 243 мл. ФВлж = 90%. МОК = 34.02-37.67 л/мин.

Система дыхания: ДО = 3563-3867 мл. МОД = 99.75-119.88 л/мин. ЧДД = 28-31 д/мин. АДО = 3328-3632 мл. ОАВ = 93.17-112.59 л/мин. V-CO₂ = 4211-6021 мл/мин. ДК = 0.89-1.05. V/Q = 2.74-2.99.

Система крови: АВР-О₂ = 70-76%. V-О₂ = 4754-5745 мл О₂/мин. МК = 0.5-2.0 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 276 мл СО₂/мин. рН = 7.37-7.40. ЛКД = 0.57-2.26 л О₂.

Аэробно-анаэробная зона (лактатный порог 1 – лактатный порог 2):

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 155-170 уд/мин. КДОлж = 270 мл. КСОлж = 27 мл. УОлж = 243 мл. ФВлж = 90%. МОК = 37.67-41.31 л/мин.

Система дыхания: ДО = 3867-4171 мл. МОД = 119.88-141.83 л/мин. ЧДД = 31-34 д/мин. АДО = 3632-3936 мл. ОАВ = 112.59-133.84 л/мин. V-CO₂ = 6021-8147 мл/мин. ДК = 1.05-1.19. V/Q = 2.99-3.24.

Система крови: АВР-О₂ = 76-82%. V-О₂ = 5745-6829 мл О₂/мин. МК = 2.0-4.28 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 276-1319 мл СО₂/мин. рН = 7.29-7.33. ЛКД = 2.26-4.84 л О₂.

Лактатная анаэробная зона:

Сердечно-сосудистая система: ЧСС = 170-200 уд/мин. КДОлж = 270 мл. КСОлж = 27-59 мл. УОлж = 211-243 мл. ФВлж = 78-90%. МОК = 41.31-42.12 л/мин.

Система дыхания: ДО = 4171-4174 мл. МОД = 141.83-166.97 л/мин. ЧДД = 34-40 д/мин. АДО = 3936-3939 мл. ОАВ = 133.84-157.57 л/мин. V-CO₂ = 8147-11259 мл/мин. ДК = 1.19-1.40. V/Q = 3.24-3.74.

Система крови: АВР-О₂ = 82-95%. V-О₂ = 6829-8039 мл О₂/мин. МК = 4.28-24.64 ммоль/л. «Избыток» СО₂ = 1319-3220 мл СО₂/мин. рН = 6.95-7.33. ЛКД = 4.84-27.89 л О₂.

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 у элитных спортсменов для достижения результатов близких к мировым рекордам [1-2, 9-10].

Увеличение конечно-диастолического объема левого желудочка и ударного объема левого желудочка во время аэробно-анаэробной физической нагрузки способствует повышению минутного объема крови до максимальных значений – 42 л/мин [1-2, 9-10].

Скорость потребления кислорода достигла максимальных значений 8000-8100 мл/мин, что соответствует рекордным показателям 106-107 мл О₂/мин/кг у элитных спортсменов [1-2, 9-10]. Для достижения таких рекордных показателей потребления кислорода средние значения жизненной ёмкости легких должны соответствовать объёмам 8300-8400 мл, а средний конечно-диастолический объём левого желудочка – 260-270 мл [1-2, 9-10].

Элитные спортсмены, обладающие уникальными возможностями увеличения конечно-диастолического объёма левого желудочка во время физической нагрузки, могут иметь преимущество перед другими спортсменами для выполнения результатов близких к мировым рекордам [1-2, 9-10].

Литература

1. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с. – ISBN 966-7133-64-8.
2. Платонов, В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов / В.Н. Платонов. – М.: Спорт, 2019. – 656 с. – ISBN 978-5-9500183-3-6.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. 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.

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 показатели кардиореспираторной системы у элитных спортсменов // Материалы научного симпозиума, посвященного 100-летию научно-теоретического журнала «Теория и практика физической культуры» «Спортивная наука: курс на инновации» (5 декабря 2025 г.) – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2025. – С. 114-119. – 0,29 печ. л. – ISBN 978-5-605-56362-4 – РИИЦ.