

Метод кардиоинтервалометрии при оценке аэробных возможностей спортсменов (на примере спортивных игр)

Е.М. Калинин¹, В.Н. Селуянов², С.К. Сарсания³, В.А. Заборова⁴,
Аль Халили Моханед⁵

¹ – ФГБОУ ВПО Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)

² – Московский физико-технический институт, Москва

³ – Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва

Контактная информация: Заборова Виктория Александровна, vaz111v@gmail.com

Основная цель работы – изучить аэробные возможности футболистов различного амплуа и квалификации с использованием метода кардиоинтервалометрии. Для достижения поставленной цели были обследованы футболисты от уровня второго дивизиона до уровня команд премьер-лиги (n=115, возраст футболистов 17-36 лет, масса $77,3 \pm 7,8$ кг, рост $182,4 \pm 6,6$ см). Все спортсмены выполнили тест со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре, исходная мощность 37,5 Вт, каждые 2 мин мощность увеличивалась на 37,5 Вт, при постоянном темпе педалирования 75 об/мин. Одновременно регистрировали ЧСС, вариативность кардиоинтервалов и определяли кардиоинтервальный порог для каждого футболиста с помощью пульсометра Polar rs800. Были рассчитаны средние значения показателей кардиоинтервального порога (КАнП): дисперсия кардиоинтервалов SD1 (мс); мощность МКАнП (Вт), МоКАнП (Вт/кг); ЧСС КАнП (уд/мин). Показано, что у защитников и полузащитников, выступающих в премьер-лиге, относительная мощность МоКАнП (Вт/кг) статистически достоверно выше по сравнению с игроками первого и второго дивизиона ($p < 0,001$). Достоверных различий между нападающими премьер-лиги и первого дивизиона по относительной мощности (МоКАнП, Вт/кг) не выявлено ($p > 0,05$), при этом дисперсия SD1 (мс) при фиксировании кардиоинтервального порога, в среднем, равна $2,00 \pm 0,55$ мс у всех футболистов. Метод кардиоинтервалометрии имеет высокую надежность ($R_{tt} = 0,97$) и позволяет с высокой точностью определять по статистическому анализу кардиоинтервалов аэробные возможности футболистов.

Ключевые слова: анаэробный порог, методика, вариативность ритма сердца.

Критерием смены биоэнергетических механизмов энергообеспечения являются аэробный и анаэробный пороги [1, 2, 4, 6]. По ЧСС невозможно определить зоны энергетической производительности, необходимы более информативные показатели. В спортивной практике стали использовать показатели молочной кислоты в крови, регистрируемые при прохождении дистанции с различной скоростью [1, 15].

В полевых условиях (в тренировочном процессе) многократно брать пробы крови трудно – неудобно для испытуемого. В связи с этим, остается актуальным поиск полевых методов определения анаэробного порога, например, по анализу ритма сердца [6, 10, 13]. Делается это на основе анализа вариативности сердечного ритма, т. е. вариации кардиоинтервалов (в миллисекундах, мс) между последовательными сердечными сокращениями [3, 5, 7, 16, 17].

В работе С.К. Сарсания [6] было замечено, что с ростом ЧСС вариативность RR-интервалов уменьшается, поэтому интересно более подробно изучить это явление. Позже в работах J.R.P. Lima et al. (1999) [14], G.K. Karapetian et al. (2008) [13], Simões, Rodrigo P. (2010) [15] было показано, что существует корреляционная связь между лактатным АНП и мощностью (скоростью) в момент появления минимальной величины дисперсии кардиоинтервалов. Однако величины коэффициентов корреляции были недостаточно высокими ($r = 0,6-0,8$). Возможной причиной увеличения дисперсии показателей является несовершенство методики определения момента появления АЭП и АНП.

В нашей работе [10] было показано, что во время выполнения теста со ступенчато повышающейся нагрузкой вентиляционный АНП (по легочной вентиляции) и найденный кардиоинтервальный порог в момент появления плато на кривой «SD1 – мощность» не совпадают по показателям мощности.

Для изучения зависимостей между мощностью АНП и «плато SD1 / мощность» был проведен регрессионный анализ.

В результате была установлена связь между потреблением кислорода на уровне вентиляционного анаэробного порога (ВАНП) и дисперсии «плато SD1 / мощность», были вычислены коэффициенты уравнения множественной регрессии:

$VO_{2AnT} = 0,35 + 0,01 * SD1W + 0,0016 * SD1HR + 0,106 * SD_1$, ($R = 0,98$; $D = 96\%$; $\sigma = 0,10$ погрешность оценки функции; $0,26$ л/мин; $p < 0,001$),

где W (Вт) – мощность, HR – ЧСС (уд/мин), SD_1 – дисперсия кардиоинтервалов (мс) в момент регистрации кардиоинтервального порога.

Эти физиологические закономерности можно использовать для определения анаэробного порога футболистов различной квалификации и амплуа по кардиоинтервальному порогу, что и явилось **целью** нашего исследования.

Материалы и методы

В ходе исследования определялся анаэробный порог по кардиоинтервальному порогу у футболистов различной квалификации и амплуа при выполнении теста со ступенчато повышающейся нагрузкой.

Для достижения поставленной цели были обследованы футболисты от уровня второго дивизиона до уровня команд премьер-лиги (n=115, возраст футболистов 17-36 лет, масса $77,3 \pm 7,8$ кг, рост $182,4 \pm 6,6$ см). Все спортсмены выполнили тест со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре «Monark-828E», исходная мощность 37,5 Вт, каждые 2 мин мощность увеличивалась на 37,5 Вт, при постоянном темпе педалирования 75 об/мин. Одновременно регистрировали мощность, ЧСС, вариативность кардиоинтервалов с помощью пульсометра Polar rs800 для каждого футболиста (рис.).

Статистический анализ проводился с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Определение анаэробного порога по кардиоинтервальному порогу у футболистов различного амплуа и квалификации

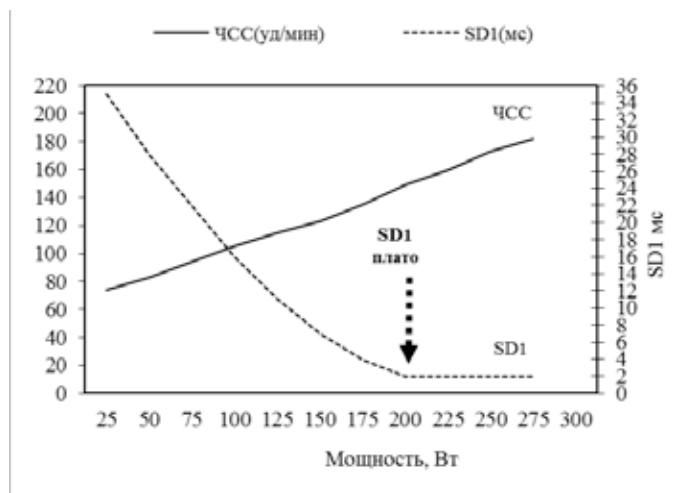


Рис. Схема динамики изменения ЧСС (уд/мин) и дисперсии кардиоинтервалов SD1 (мс) при выполнении теста со ступенчато повышающейся нагрузкой.

Таблица

Результаты тестирования аэробных возможностей футболистов (n=115)

Показатели	КАнП SD, мс		МКАнП, Вт		МКАнП, Вт/кг		ЧСС КАнП уд/мин		Масса, кг		ВАНП мл/кг/мин	
	х	σ	х	σ	х	σ	х	σ	х	σ	х	σ
	ВРАТАРИ											
ПЛ n=6	1,9	0,47	272,0	37,1	3,05	0,42	151,8	9,6	89,2	4,1	39,5	4,0
ПД n=5	2,6	0,94	251,6	43,7	2,96	0,52	154,2	6,2	85,1	2,9	39,9	4,8
ВД n=5	2,2	0,06	210,0	30,0	2,65	0,27	148,6	16,7	79,1	7,8	36,9	2,5
ЗАЩИТНИКИ												
ПЛ n=11	1,9	0,84	279,9	33,9	3,50	0,38	155,6	6,7	80,2	7,0	44,9	3,7
ПД n=11	2,0	0,49	240,7	48,0	2,93	0,54	150,9	12,5	82,0	4,3	39,1	5,5
ВД n=11	2,2	0,50	191,1	31,1	2,60	0,29	142,4	9,8	73,3	7,5	37,2	3,1
ПОЛУЗАЩИТНИКИ												
ПЛ n=11	1,9	0,61	278,0	25,0	3,55	0,33	167,5	30,7	78,5	4,5	46,0	3,8
ПД n=21	1,9	0,43	209,2	42,2	2,81	0,58	149,6	12,8	74,6	5,6	38,7	6,3
ВД n=14	1,8	0,32	171,6	23,5	2,49	0,35	146,0	9,1	69,3	4,6	36,1	3,7
НАПАДАЮЩИЕ												
ПЛ n=7	2,0	0,24	273,4	19,5	3,34	0,16	152,9	10,7	82,0	5,9	43,2	2,4
ПД n=7	1,8	0,38	225,3	40,0	2,95	0,47	146,9	10,2	76,4	6,7	39,8	5,2
ВД n=6	1,9	0,16	187,8	21,7	2,59	0,13	141,8	6,0	72,6	8,1	36,8	2,1

Примечания: ПЛ – премьер-лига, ПД – первый дивизион, ВД – второй дивизион, КАнП – кардиоинтервальный порог, МКАнП – мощность кардиоинтервального порога, ВАНП – вентиляционный анаэробный порог.

Были рассчитаны средние значения показателей кардиоинтервального порога (КАнП):

- дисперсия (вариативность) кардиоинтервалов SD1 (мс);
- мощность абсолютная МКАнП (Вт), относительная МоКАнП (Вт/кг);
- ЧСС КАнП (уд/мин).

Из табл. видно, что кардиоинтервальный порог наблюдается в момент появления плато на кривой, у всех футболистов на уровне SD1=2,00±0,55 мс, при этом мощность у футболистов разной квалификации и амплуа достоверно различается.

Показано, что у защитников и полузащитников, выступающих в премьер-лиге, относительная мощность МоКАнП (Вт/кг) статистически достоверно выше по сравнению с игроками первого и второго дивизиона ($p<0,001$). Статистически достоверных различий между нападающими премьер-лиги и первого дивизиона по относительной мощности (МоКАнП, Вт/кг) не выявлено ($p>0,05$), но у нападающих премьер-лиги наблюдается большая масса тела ($p>0,1$), а по абсолютной мощности кардиоинтервального порога между двумя группами футболистов наблюдаются достоверные различия ($p<0,05$).

При сравнении вратарей была выявлена тенденция к увеличению абсолютной и относительной мощности кардиоинтервального порога (МоКАнП, Вт/кг) с ростом спортивного мастерства (от второго дивизиона до уровня премьер-лиги), различия не достоверны ($p>0,1$).

Как показано в табл., футболисты премьер-лиги при высокой относительной мощности кардиоинтервального порога (МоКАнП, Вт/кг) характеризуются более высокими значениями SD1 (мс), различия статистически до-

стоверны ($p<0,05$).

Также была выявлена тенденция к росту массы тела футболистов разного амплуа от уровня второго дивизиона до уровня премьер-лиги, различия достоверны ($p<0,05$), причем за счет увеличения мышечной массы, обхвата бедра и скоростно-силовых возможностей [9, 11].

Показатели потребления кислорода на уровне вентиляционного ВАНП были вычислены по ранее разработанной [10] формуле.

Данные о потреблении кислорода представлены в табл. в относительных значениях.

Полученные результаты согласуются с данными [9, 11], где проводилось сравнение футболистов разного уровня мастерства по оценке аэробных возможностей мышц ног (потребления кислорода на уровне вентиляционного ВАНП), однако не согласуются с приводимыми величинами ПК АнП футболистов ведущих команд России [7], по нашим данным соответствующих только уровню игроков второго дивизиона. Такое различие возможно, например, при обследовании футболистов в разные периоды годичного цикла, в данной работе обследование футболистов проводилось в середине соревновательного периода, а в приводимой З.Г. Орджоникидзе работе (2007) [7] – в переходный период.

Однако не всегда низкие аэробные возможности мышц ног футболистов характерны для переходного периода. Например, после смены главного тренера, в связи с неудовлетворительным выступлением команды, по результатам обследования были получены низкие значения ПК АнП ($35,6\pm4,2$ мл/кг/мин) для начала соревновательного периода команды первого дивизиона. Квалификация нового главного тренера позволила учесть при планировании физической, технико-тактической

подготовки индивидуальные особенности футболистов и применить для повышения аэробных возможностей биологически целесообразные средства и методы тренировки. В результате после завершения соревновательного периода произошло статистически достоверное увеличение ПК АнП (с $35,6 \pm 4,2$ до $49,0 \pm 7,5$ мл/кг/мин, $p < 0,001$), что в итоге привело к успешному выступлению команды.

Надежность теста. С целью определения надежности разработанного теста была сформирована группа из 48 футболистов, которая через две недели прошла повторное тестирование, в результате которого степень надежности полученных результатов при повторном тестировании R_{tt} была равна 0,97. Коэффициент корреляции достоверен при уровне значимости $p < 0,01$, что говорит о высокой надежности разработанного метода.

Выводы

1. Разработан метод, позволяющий с высокой точностью и надежностью ($R_{tt}=0,97$) определять по кардиоинтервальному порогу аэробные возможности футболистов.

2. По кардиоинтервальному порогу определены показатели аэробных возможностей футболистов различного уровня мастерства и амплуа: чем выше уровень мастерства футболиста, тем статистически достоверно выше абсолютная (МКАнП), относительная мощность (МоКАнП), частота сердечных сокращений (ЧССКАнП) на уровне кардиоинтервального порога, а также масса тела футболистов.

3. Дисперсия $SD1$ (мс), при фиксировании кардиоинтервального порога, в среднем, равна $2,00 \pm 0,55$ (мс) у всех футболистов.

Список литературы

1. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. М.: Медицина. 1990. 234 с.
2. Ачкасов Е.Е., Руненко С.Д., Пузин С.Н. Врачебный контроль в физической культуре М.: Триада-Х. 2012. 130 с.
3. Баевский Р.М. Синусовая аритмия с точки зрения кибернетики / Р.М. Баевский // Математические методы анализа сердечного ритма. М.: Наука. 1968. С. 9-30.
4. Волков Н.И. Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов: автореф. дис. д-ра биол. наук / Волков Николай Иванович; НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина. М., 1990. 83 с.
5. Жемайтите Д.И. Ритмичность импульсов синоатрикулярного узла в покое и при ишемической болезни сердца. Автореф. дисс. канд. мед. наук / Жемайтите Д.И. Каунас. 1965. 51 с.
6. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е. Мониторинг сердечной деятельности в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте М.: Триада-Х. 2011. 176 с.
7. Орджоникидзе З.Г. Состояние функциональной готовности спортсменов из состава ведущих футбольных команд России / З.Г. Орджоникидзе, В.И. Павлов, Н.И. Волков, А.Е. Дружинин // Физиология человека. 2007. Т. 33. № 4. С. 114-118.
8. Сарсания С.К. Физиологические аритмии сердца: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Сарсания Сергей Константинович. М., 1968. 24 с.

9. Селуянов В.Н. Контроль физической подготовленности в спортивной адаптации / В.Н. Селуянов, С.К. Сарсания, К.С. Сарсания, Л.В. Слуцкий. Б.А. Стукалов // Теория и практика физической культуры. 2008. № 5. С. 36-38, 55-56.

10. Селуянов В.Н. Определение анаэробного порога по данным легочной вентиляции и вариативности кардиоинтервалов / В.Н. Селуянов, Е.М. Калинин, Г.Д. Пак, В.И. Маевская, А.Н. Конрад // Физиология человека. 2011. № 6. С. 106-110.

11. Селуянов В.Н. Физическая подготовка футболистов / В.Н. Селуянов, С.К. Сарсания, К.С. Сарсания. М.: ТВТ ДИВИЗИОН. 2004. 192 с.

12. Brunetto A.F. Ventilatory threshold and heart rate variability in adolescents / A.F. Brunetto, B.M. Silva, B.T. Roseguini, D.M. Hirail et al // Rev. Bras. Med. Esporte. 2005. Vol. 11. № 1 Jan/Fev. P. 28-33.

13. Karapetian G.K. Use of heart rate variability to estimate LT and VT /

G.K. Karapetian, H.J. Engels, R.J. Gretebeck // Int. J. Sports. Med. 2008. Vol.29. P. 652-657.

14. Lima J.R.P. Limiar de variabilidade da frequencia cardiaca / J.R.P. Lima, M.A.P. Kiss // Rev. BrasAtiv. Fis. Saude. 1999. № 9. P. 29-38.

15. Simões R.P. Heart rate variability and blood lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men / R.P. Simões, G. R. Mendes, V. Castello, H.G. Machado et al // Journal of Strength & Conditioning Research. 2010. Vol. 24. P.1313-1320.

16. Tulppo M.P. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise / M.P. Tulppo, T.H. Makikallio // Am. J. Physiol. 1996. P.244-252.

17. Voss A. The application of methods of non-linear dynamics for the improved and predictive recognition of patients threatened by sudden cardiac death / A. Voss, J. Kurths, J. Kleiner. – Cardiovascular Research. 1996. P. 419-433.

Cardiointervalometry at an assessment of aerobic possibilities of athletes (for example, sports)

E.M. Kalinin, V.N. Seluyanov, S.K. Sarsaniya, V.A. Zaborova, Al Halili Mokhaned

Research purpose – to study aerobic capacity and role players of different skills using the cardiointervalometry. To achieve goal football players of different sports skill (the second division to level of teams of premieres of league, including players of a national team of team), all $n=115$ of players (age of 17-36 years, mass of a body $77,3 \pm 7,8$ kg, growth $182,4 \pm 6,6$ by sm) were surveyed. All examinees carried out the test with in steps raising capacity on bicycle ergometer. The initial capacity was 37,5 W and increased by 37,5 W every 2 min. The pedaling rate remained constant (75 rpm). At the same time registered HR, the cardiac rhythm and cardiointerval threshold for each football player was studied using a Polar rs800cx. By results of the carried-out testing average values of indicators of a heart rate threshold (KANP) were calculated: dispersion (variability) cardio interval $SD1$ (ms); capacity MКАнП (W), МоКАнП (W/kg); ChSS KANP (heartbeat / mines). Were as a result defined: a) indicators of aerobic possibilities of football players of various level of skill and role according to a cardiointervalomet, than level of skill of the football player is higher, than subjects is statistically authentically higher absolute MКАнП and relative capacity of a cardiointerval threshold of MOKANP, above ChSSKANP and mass of a body of football players; b) dispersion of $SD1$ (ms), at fixation of a cardio interval threshold, is on the average equal – $2,00 \pm 0,55$ (ms) at all football players; c) the method allowing with high reliability ($R_{tt}=0,97$) to define aerobic possibilities of football players on the statistical analysis of variability cardiointerval is developed.

Key words: anaerobic threshold, method, cardiointerval variability.