

Моделирование временного ряда сердечного ритма при адаптации к физической нагрузке

¹А. Л. ПОХАЧЕВСКИЙ, ²А. Б. ПЕТРОВ, ¹С. П. БОДЬКО, ¹В. К. СЕЙСЕБАЕВ,
¹А. Н. ТУХФАТУЛЛИН, ¹А. М. ГИЛЕВ, ³А. А. ХОМЕНКО

¹ФКОУ ВО Академия ФСИН России, Рязань, Россия

²ФГБОУ ВО Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф.Лесгафта Минспорта России, Санкт-Петербург, Россия

³ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия

Сведения об авторах:

Похачевский Андрей Леонидович – профессор кафедры физической подготовки и спорта ФКОУ ВО Академия ФСИН России, д.м.н.
Петров Андрей Борисович – заведующий кафедрой теории и методики массовой физкультурно-оздоровительной работы ФГБОУ ВО НГУ им. П.Ф. Лесгафта Минспорта России, к.п.н.
Бодько Сергей Петрович – доцент кафедры физической подготовки и спорта ФКОУ ВО Академия ФСИН России
Сейсебаев Виктор Кенесович – доцент кафедры физической подготовки и спорта ФКОУ ВО Академия ФСИН России
Тухфатуллин Анвар Нагимович – старший преподаватель кафедры огневой подготовки ФКОУ ВО Академия ФСИН России
Гилев Антон Михайлович – старший преподаватель кафедры огневой подготовки ФКОУ ВО Академия ФСИН России
Хоменко Андрей Анатольевич – старший преподаватель кафедры физической и огневой подготовки ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России

The time series of the heart rhythm modeling during adaptation to physical load

¹A. L. POKHACHEVSKIY, ²A. B. PETROV, ¹S. P. BODKO, ¹V. K. SEISEBAEV,
¹A. N. TUKHFATULLIN, ¹A. M. GILEV, ³A. A. KHOMENKO

¹Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia, Ryazan, Russia

²Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, Saint-Petersburg, Russia

³Voronezh Institute of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia, Voronezh, Russia

Information about the authors:

Andrey Pokhachevskiy – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Physical Training and Sports of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia
Andrey Petrov – M.D., Ph.D., Head of the Department of Theory and Methods of Mass Sports and Recreation Activities of the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health
Sergey Bodko – Associate Professor of the Department of Physical Training and Sports of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia
Viktor Seisebaev – Associate Professor of the Department of Physical Training and Sports of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia
Anvar Tukhfatullin – Senior Lecturer of the Department of Fire Training of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia
Anton Gilev – Senior Lecturer of the Department of Fire Training of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia
Andrey Khomenko – Senior Lecturer of the Department of Physical and Fire Training of the Voronezh Institute of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia

Цель исследования: определить возможности математической модели (М/М) временного ряда (ВР) сердечного ритма (СР) нагрузочного периода (НП) и обнаружить наилучшие прогностические маркеры переносимости физической нагрузки (ФН). **Материалы и методы:** обследована смешанная выборка (68 человек) практически здоровой молодежи от 16 до 23 лет (средний возраст 19±3). М/М ВР НП вычислялась по формуле: $Y=aX+b$, где «a» и «b» – параметры (изменчивости) модели, X и Y – порядковый номер и длительность RR-интервала соответственно. Результаты велоэргометрического стресс-теста: показатели мощности нагрузки, СР и М/М первых минут НП подвергнуты корреляционному (Spearman) анализу. **Результаты:** маркеры М/М ВР НП могут быть использованы для изучения переносимости ФН. Мощность ФН и ее индивидуальная переносимость определяются ВР СР раннего адаптационного периода (РАП). Маркеры М/М РАП коррелируют с показателями переносимости ФН (0.75-0.78) в меньшей степени, чем среднее (0.64-0.73) и максимальное значение частоты сердечных сокращений

(0.61-0.68), определенные за весь НП. **Выводы:** математическое моделирование временного ряда СР РАП перспективно для прогнозирования переносимости ФН.

Ключевые слова: математическое моделирование; кардиоритмограмма; физическая нагрузка; нагрузочное тестирование.

Для цитирования: Похачевский А.Л., Петров А.Б., Бодько С.П., Сейсебаев В.К., Тухфатуллин А.Н., Гилев А.М., Хоменко А.А. Моделирование временного ряда сердечного ритма при адаптации к физической нагрузке // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №3. С. 22-26. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.3.22.

Objective: to study the possibilities of mathematic model (M/M) of time series (TS) of the heart rhythm (HR) during the loading period (LP) to discover the best prognostic markers of the physical exercise (PE) tolerance. **Materials and methods:** we examined a mixed population (68 persons) of apparently healthy youth at the age from 16-23 years old (mean age – 19 ± 3 years ($M \pm m$)). M/M TS LP was calculated using the formula: $Y = aX + b$, where «a» and «b» referred to the model variability parameters, «X» was the serial number and «Y» was the R-R interval size. The results of ergometric stress-test including index of power of loading, HR and M/M during the first minutes of LP were analyzed with Spearman correlation. **Results:** markers of M/M TS LP can be used for studying PE tolerance. PE's power and its individual tolerance is determined by TS HR during early adaptation period (EAP). Markers of M/M EAP correlate with PE tolerance just as the average and the maximum value of heart rate defined for the entire LP. **Conclusions:** mathematic simulation of the time series of the HR EAP is promising for predicting the PE tolerance.

Key words: mathematical modeling; cardiac rhythmogram; physical exercise; maximal load test.

For citation: Pokhachevskiy AL, Petrov AB, Bodko SP, Seisebaev VK, Tukhfatullin AN, Gilev AM, Khomenko AA. The time series of the heart rhythm modeling during adaptation to physical load. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(3):22-26. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.3.22.

Введение

Анализ индивидуальной переносимости физической нагрузки (ФН) связан с изучением адапционных реакций организма порождаемых ею. Наиболее воспроизводимой, точно и достаточно легко регистрируемой является производная хронотропной функции миокарда, определяемая по частоте сердечных сокращений (ЧСС) [1-4]. В спортивной медицине, физиологии и педагогике чаще всего используются следующие ее дериваты: средние, экстремальные (максимальные, минимальные), фрагментарные, случайные и пиковые значения. Не трудно предположить, что каждое из них, даже с учетом точности регистрации, обладает существенными погрешностями, так как отражает, случайную, эмпирически выбранную часть временного ряда сердечного ритма (СР), которой обязаны происхождением. При этом крайне редко, а правильнее сказать почти никогда, анализу не подвергается временной ряд в целом. Математическое моделирование СР позволяет объективно выявить и оценить наиболее значимые – маркерные участки его изменчивости, определить их реперные величины и в дальнейшем обнаружить связи с другими адапционными реакциями [5, 6]. Предлагаемый подход в целом имеет целью вывести тренировочный процесс на доказательный уровень, с вероятностным прогнозом переносимости ФН, ее усвоения организмом, контроля процессов восстановления реабилитации, профилактики перегрузки и перетренировки [7-10, 11].

Цель работы: определить возможности математического моделирования временного ряда сердечного ритма и на этой основе обнаружить наилучшие прогностические маркеры переносимости ФН.

Материалы и методы

Обследована смешанная выборка (68 человек) практически здоровой молодежи от 16 до 23 лет (средний воз-

раст 19 ± 3). Максимальное велоэргометрическое тестирование осуществлялось по индивидуальному протоколу. Мощность W1 (Ватт) первой ступени длительностью 3 минуты рассчитывалась исходя из величины должного основного обмена (ДОО) в килокалориях по формуле $W1(Вт) = ДОО \times 0,1$ (ДОО – определялся по таблицам Гарриса-Бенедикта) [2]. В дальнейшем нагрузка ступенчато возрастает на 30 Вт каждую минуту до индивидуального максимума (W_{mx}) – снижения скорости педалирования ниже 30 оборотов в минуту, обуславливающего конец нагрузки и начало восстановительного периода длительностью 7 минут.

Нагрузочные пробы проводились в первой половине дня с 8 до 12 часов на велоэргометре LodeCorival (диапазон нагрузки 7-1000 Вт). В течение всего времени тестирования посредством кардиоанализатора «ПолиСпектр-12» (Нейрософт, частота квантования 1000 Гц) записывалась оцифрованная электрокардиограмма (ЭКГ), из которой выделялся последовательный временной ряд RR-интервалов (R-R) – кардиоритмограмма (КРГ) и удалялись все эктопические сокращения.

Математическая модель (M/M) КРГ нагрузочного периода определялась в общем виде как $Y = aX + b$, где X – порядковый номер RR-интервала, Y – его длительность, «a» – параметр модели наклон (Н), характеризующий скорость изменения временного ряда и «b» – параметр модели отрезок (О), определяющий его постоянную составляющую. Оптимизация моделей достигалась методом наименьших квадратов [10, 11]. Математическому моделированию подвергались временные ряды КРГ раннего адапционного периода (РАП): раздельно первой (1), второй (2), третьей (3) минуты нагрузки; попарно: 1,2; 2,3; 1,3; совместно: 1-3; а также всего нагрузочного периода (НП): НПн, НПо, где «н» и «о» соответствующие параметры M/M.

Частота сердечных сокращений нагрузочного периода учитывалась по абсолютным показателям: ЧСС_{mx}, ЧСС₁, ЧСС_{ср}, где «mx» – максимальная (пиковая) ЧСС на высоте нагрузки, «1» – средняя ЧСС первой ступени нагрузки, «ср» - средняя ЧСС за весь нагрузочный период; относительный показатель – индекс хронотропного резерва (ИХР) определялся по формуле: $(ЧСС_{mx} - ЧСС_1) / ЧСС_1 \times 100$. Все показатели ЧСС рассчитывались (60/R-R(сек), ударов в минуту) исходя из временного ряда КРГ с использованием MicrosoftExcel.

При анализе переносимости ФН учитывалась абсолютные показатели: достигнутый максимум ФН (W_{mx}) в Ваттах; разница между W_{mx} и мощностью первой ступени (W₁): $W = W_{mx} - W_1$; относительные показатели переносимости: производительность работы левого желудочка (ПРЛЖ), вычисляемая по формуле: $(W_{mx} / ЧСС_{mx}) \times 100$; уточненный ПРЛЖ (W/Ps) – по формуле: $W/ЧСС_{mx}$.

Результаты исследования обрабатывали с помощью статистического пакета Statistica 6.0. Поскольку распределение полученных значений отличалось от нормального, данные представляли в виде перцентильного (Пц) ряда (25-Ме-75), минимального (Min) и максимального (Max) значений. Для статистической обработки использовали непараметрические методы сравнения: Mann-Whitney и корреляционный анализ Spearman. Принятый уровень статистической существенности: $p < 0.005$ (если не указано иначе).

Результаты и обсуждение

Исследуемая популяция представляет существенное разнообразие показателей переносимости ФН с широким диапазоном колебаний (табл. 1). При этом экстремальные значения могут различаться как на 30% (ЧСС_{mx}) так и в 6.5 раз (W/Ps).

Взаимосвязи маркеров переносимости с абсолютными и относительными показателями мощности нагрузки не отличаются разнообразием и обуславливаются достаточно сильной обратной закономерностью, когда большему значению мощности соответствует меньшее значение средней, максимальной ЧСС, а также показателей математической модели КРГ (табл. 2). При этом от-

носительные показатели переносимости ФН демонстрируют больший уровень взаимосвязи с ЧСС_{ср,mx}, НПо (ПРЛЖ>W/Ps>W), в то время как связь НПн заметно преобладает для абсолютной мощности нагрузки (W>ПРЛЖ> W/Ps).

Действительно, когда речь идет об относительных показателях характеризующих хронотропную эффективность переносимости ФН, определяемую по затратам ЧСС на единицу достигнутой мощности, становится понятным и преобладание взаимосвязей со средним, максимальным ЧСС, а также параметром математической модели «О» по физиологической сути также, но более точно определяющему среднее значение ЧСС. При этом достижение абсолютного максимума (предельного значения) ФН в большей степени определяется скоростью нарастания ЧСС от уровня в состоянии покоя до максимума. Следует отметить, что данный показатель, являясь самостоятельным, напрямую обусловлен парасимпатическим хроносбережением, по сути определяющим максимум ЧСС, а не наоборот. С этим связана и часто наблюдаемая, наиболее выраженная у спортсменов (в равной степени, сидящих на велоэргометре, в ожидании команды к работе) предстартовая реакция увеличения ЧСС. Последняя, обуславливается афферентным синтезом, возникающим при включении функциональной системы (ФС) обеспечивающей максимальную работоспособность. При этом эффективность работы этой ФС определяется именно минимальной скоростью нарастания ЧСС, что приводит к хроносбережению и меньшему уровню максимальной ЧСС. В свою очередь увеличение предстартовой ЧСС способствует лучшему вработыванию организма – оптимальному энергообеспечению, вхождению кардиореспираторной и мышечной систем в нагрузочную деятельность.

Особого внимания заслуживают взаимосвязи предельных показателей переносимости ФН и изменчивости КРГ раннего адаптационного периода (табл. 3, 4).

Параметры М/М временного ряда «О» демонстрируют усиление взаимосвязи от 1 к 3 минуте при сохранении фактически равных сильных взаимоотношений с абсолютными и относительными показателями переносимости.

Таблица 1

Референтные величины нагрузочных маркеров

Table 1

Reference values for load markers

	ПРЛЖ	ИХР	W/Ps	W(Вт)	НПн	НПо	ЧСС1	ЧССmx	ЧССср
25Пц	143,8	119,3	67,9	127,5	-60,3	152,1	110,0	164,3	136,1
Ме	241,5	161,5	144,2	240,0	-52,8	170,0	117,5	172,0	150,6
75Пц	259,0	189,3	150,9	240,0	-44,3	193,4	155,8	189,8	177,8
Min	101,0	70,7	31,6	60,0	-69,4	143,6	94,0	157,0	124,1
Max	305,0	230,0	206,9	360,0	-18,9	204,7	176,0	203,0	184,9

Таблица 2

Корреляционные связи нагрузочных и хронотропных маркеров ($p < 0.005$)

Table 2

Correlation of load and chronotropic markers ($p < 0.005$)

ПРЛЖ				W/Ps				W			
ЧСС _{ср}	ЧСС _{мх}	НПо	НПн	ЧСС _{ср}	ЧСС _{мх}	НПо	НПн	ЧСС _{ср}	ЧСС _{мх}	НПо	НПн
-0,73	-0,68	-0,68	-0,64	-0,68	-0,64	-0,66	-0,62	-0,65	-0,61	-0,62	-0,70

Таблица 3

Референтные величины маркеров М/МКРГ раннего адаптационного периода

Table 3

Reference values of the markers M the IGC's early adaptation period

Время	1 мин		2 мин		3 мин		1,2 мин		2,3 мин		1,3 мин		1-3 мин	
	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О
25Пц	-1,38	494,4	-0,19	415,2	-0,22	394,0	-0,48	470,5	-0,16	412,4	-0,59	470,9	-0,31	454,7
Ме	-0,97	600,7	-0,12	536,9	-0,12	522,9	-0,38	580,6	-0,10	528,7	-0,39	580,6	-0,21	566,5
75Пц	-0,54	690,1	-0,03	573,3	0,01	574,4	-0,29	638,4	-0,02	574,8	-0,36	641,7	-0,17	621,6
Min	-5,44	447,8	-0,65	391,4	-0,40	365,6	-1,64	446,0	-0,32	392,9	-1,64	450,3	-0,80	436,4
Max	-0,12	926,3	0,43	656,7	0,19	673,8	0,33	768,7	0,18	655,1	0,21	756,9	0,16	699,0

Таблица 4

Корреляционные связи нагрузочных и модельных маркеров

Table 4

Correlation of load and model markers

Время	1 мин		2 мин		3 мин		1,2 мин		2,3 мин		1,3 мин		1-3 мин	
	Н	О	Н	О	Н*	О	Н*	О	Н	О	Н*	О	Н*	О
W	-0,27*	0,69	0,43	0,7	0,17	0,75	-0,21	0,7	0,41	0,71	0,06	0,71	0,14	0,72
W/Ps	-0,25*	0,65	0,53	0,67	0,18	0,78	-0,2	0,66	0,54	0,7	0,12	0,67	0,22	0,68
ПРЛЖ	-0,37	0,72	0,48	0,69	0,22	0,78	-0,31	0,74	0,56	0,7	0,02	0,74	0,15	0,73

Условные обозначения: * - $p > 0.05$

симости ФН. Кроме того, ни один из парных временных критериев, включая весь массив РАП, а также ни один из хронотропных маркеров определенных за весь нагрузочный период не превосходят по уровню взаимосвязи показатели 3 минуты (первой ступени нагрузки) РАП.

Параметр математической модели «Н», обуславливающие скорость изменения ЧСС достигают уровня статистической существенности (при умеренной интенсивности) только на 2 минуте. При этом выявлено существенное превосходство взаимосвязей с относительными показателями переносимости против абсолютных и преобладание связей ПРЛЖ на парном временном маркере 2,3 минуты. Участие 2 минуты объясняется возвратом ЧСС к меньшим значениям, чем на 1 минуте, что характеризует встраивание кардиореспираторной системы. Новое увеличение ЧСС на 3 минуте, связанное с

продолжением нагрузочной необходимости расходования хронотропного резерва, обуславливает сохранение и нарастание показателей связи в парном временном диапазоне -2, 3 минуты [10].

Действительно скорость изменения ЧСС на первой и второй минутах может различаться не только на порядок (в 10 раз), но и по знаку: на 1 минуте увеличиваться, на второй – уменьшаться [11]. Настоящая изменчивость вполне укладывается в физиологическую картину хронотропной адаптации, когда избыточный хронотропный эффект первой минуты сменяется, резким замедлением роста ЧСС на второй минуте, или даже ее некоторым снижением. Вероятно, поэтому выявленная избыточная изменчивость на первой минуте не может нести точных прогностических маркеров переносимости ФН, что компенсируется их появлением на 2 и 3 минутах, когда хро-

нотропное поведение миокарда становится более упорядоченным и подчиненным регуляционным влияниям.

Выводы

1. Линейная модель временного ряда ЧСС отражает его особенности, а ее маркеры могут быть использованы для изучения переносимости ФН.

2. Минутные модели раннего адаптационного периода выявили его критические участки на 3 минуте нагрузочного тестирования наилучшим образом отражающие переносимость ФН.

3. Абсолютная мощность ФН и ее индивидуальная переносимость в смешанной популяции определяется временным рядом ЧСС раннего адаптационного периода.

4. Математическая модель ЧСС раннего адаптационного периода отражает переносимость ФН в меньшей степени, чем среднее и максимальное значение ЧСС определенные за весь нагрузочный период.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Funding: the study had no sponsorship

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest

Список литературы/References:

1. Меерсон Ф.З., Пшениčkова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина, 1988. 253с. / Meerson FZ, Pshennikova MG. Adaptation to stress situations and physical load. Moscow, Medicina, 1988. 253 p. (in Russian).

2. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. Иваново: Талка, 2008. 545 с. / Mikhailov VM. Stress testing under the supervision of ECG: cycle ergometer test, treadmill test, step test, walking. Ivanovo, Talka, 2008. 545 p. (in Russian).

3. Тарасова О.С., Боровик А.С., Кузнецов С.Ю., Попов Д.В., Орлов О.И., Виноградова О.Л. Динамика физиологических показателей при изменении интенсивности физической нагрузки // Физиология человека. 2013. №2. С. 70-79. / Tarasova OS, Borovik AS, Kuznetsov SY, Popov DV, Orlov OI, Vinogradova OL. The pattern of changes in physiological parameters in the course of changes in physical exercise intensity. Human Physiology. 2013;(2):171-177.(in Russian).

4. Лелявина Т.А., Ситникова М.Ю., Березина А.В., Семенова Е.С., Шлякто Е.В. Новые подходы к выделению этапов (фаз) непрерывно возрастающей физической нагрузки на примере кардиореспираторного теста // Сердце: журнал для практикующих врачей. 2012. №3. С. 146-150. / Lelyavina TA, Sitnikova MY, Berezhina AV, Semenova ES, Shlyakhto EV. New approaches to marking the stages (phases) of continuously increasing physical load by the example of cardiorespiratory test. Serdce: zhurnal dlya praktikuyushchih vrachey. 2012;(3):146-150. (in Russian).

5. Похачевский А.Л. Оценка функционального состояния организма по кардиоритмограмме при нагрузочном тестировании // Теория и практика физической культуры. 2007. №1.

С. 10-11. / Pokhachevskiy AL. Estimation of organism's functional condition by cardiorythmography at loading testing. Teoriya I praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical culture). 2007;(1):10-11. (in Russian).

6. Похачевский А.Л. Временной анализ распределения кардиоинтервалов при нагрузочном тестировании // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2011. №2. С. 34-40. / Pokhachevskiy AL. The time analysis of distribution cardio intervals at loading testing. Patologicheskaya fiziologiya I eksperimentalnaya terapiya. 2011;(2):34-40. (in Russian).

7. Scott JM, Haykowsky MJ, Eggebeen J, Morgan TM, Brubaker PH, Kitzman DW. Reliability of peak exercise testing in patients with heart failure with preserved ejection fraction. Am J Cardiol.2012;110:1809-1813.

8. Haykowsky MJ, Brubaker PH, Stewart KP, Morgan TM, Eggebeen J, Kitzman DW. Effect of endurance training on the determinants of peak exercise oxygen consumption in elderly patients with stable compensated heart failure and preserved ejection fraction. J Am Coll Cardiol. 2012;60:120-128.

9. Haykowsky MJ, Brubaker PH, John JM, Stewart KP, Morgan TM, Kitzman DW. Determinants of exercise intolerance in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction. J Am CollCardiol.2011;58:265-274.

10. Похачевский А.Л., Фомичев А.В., Глушков С.А., Воробьев А.Н. Изменчивость кардиоритмограммы при непредельных физических нагрузках// Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2014. №9. С. 122-127. / Pokhachevskiy AL, Fomichev AV, Glushkov SA, Vorobyov AN. Variability of cardiac rhythmogramm under non-limiting physical load. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta.2014;(9):122-127. (in Russian).

11. Похачевский А.Л., Петров А.Б. Динамика изменчивости кардиоритмограммы при нагрузочном тестировании // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. №4. С. 41-45. / Pokhachevskiy AL, Petrov AB. The pNNx heart rate variability in youths under submaximal ergocycle testing.Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2015;(4):41-45. (in Russian).

Ответственный за переписку:

Похачевский Андрей Леонидович – профессор кафедры физической подготовки и спорта ФКОУ ВО Академия ФСИН России, д.м.н.

Адрес: 390023, Россия, г. Рязань, ул. Циолковского, д. 23

Тел. (раб):+7 (4912) 46-08-85

Тел. (моб): +7(977)291-12-89

E-mail: sport_med@list.ru

Responsible for correspondence:

Andrey Pokhachevskiy – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Physical Training and Sports of the Academy of Law Management of the Federal Penal Service of Russia

Address: 23, Tsiolkovsky St., Ryazan, Russia

Phone: +7 (4912) 46-08-85

Mobile: +7 (977)291-12-89

E-mail: sport_med@list.ru

Дата направления статьи в редакцию: 21.01.2017

Received: 21.01.2017

Статья принята к печати: 11.03.2017

Accepted: 11 March 2017