

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

УДК 612.176.4:796.83

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Автономный баланс — фактор изменения компонентов состава тела футболистов

Д.В. Голубев

ФГБОУ ВО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить характер взаимосвязи между показателями вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающими состояние автономного баланса, и параметрами компонентного состава тела футболистов.

Методы и материалы: исследовали футболистов ($n = 80$), проживающих в северо-западном регионе Российской Федерации. Данные группы: $16,9 \pm 0,8$ года; вес $73,1 \pm 4,7$ кг; рост $181,1 \pm 4,9$ см. Мониторинг показателей вариабельности сердечного ритма осуществлялся аппаратно-программным комплексом «Омега-Спорт, Санкт-Петербург». Запись биоэлектрической активности сердца велась во 2-м стандартном отведении из положения сидя в утренние часы (9:00–10:00). Оценка состава тела футболистов проводилась четырежды (январь, апрель, август, ноябрь) с помощью анализатора Inbody 770, Япония.

Результаты: ИН имеет сильную прямую корреляционную связь с показателями: «общее содержание жира» ($r = 0,994$, $P = 0,011$); «общее содержание воды» ($r = 0,811$, $P = 0,013$). Прямая сильная корреляция установлена между показателем SDNN и «общее содержание жира» ($r = 0,933$, $P = 0,009$) и обратная сильная корреляция с «общая мышечная масса» ($r = -0,877$, $P = 0,006$). pNN50 имеет сильную прямую корреляцию с «общее содержание жира» ($r = 0,889$, $P = 0,011$), помимо этого, присутствует сильная обратная корреляционная связь с «общая мышечная масса» ($r = -0,767$, $P = 0,012$). HF и «общее содержание жира» ($r = 0,733$, $P = 0,008$) имеет сильную прямую корреляционную связь; а с показателем «общее содержание воды» массы скелетных мышц ($r = -0,874$, $P = 0,011$) — сильную обратную. Сильная обратная взаимосвязь показана между LF и «общее содержание жира» ($r = -0,766$, $P = 0,011$), а также выявлена сильная прямая корреляция с «общая мышечная масса» ($r = 0,951$, $P = 0,013$), «общее содержание воды» ($r = 0,917$, $P = 0,008$).

Выводы: Установлена тесная сопряженность показателей «общая мышечная масса», «общее содержание жира», «общее содержание воды» с ограниченным числом параметров ВСР: ИН, SDNN, pNN50, HF, LF. Исследование показало достоверное ($p < 0,05$) преобладание: активности парасимпатического отдела АНС — соревновательный период, при котором наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) повышение «общая мышечная масса», снижение «общее содержание жира» в 1-й, 2-й и 3-й диагностике; активности симпатического отдела АНС — восстановительный период, которое достоверно ($p < 0,05$) повлияло на: снижение «общая мышечная масса», «общее содержание воды»; повышение «общее содержание жира» в 4-й диагностике.

Ключевые слова: состав тела, вариабельность сердечного ритма, регуляция компонентного состава тела, футбол

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Голубев Д.В. Автономный баланс — фактор изменения состава тела футболистов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):92–98. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

Поступила в редакцию: 10.12.2021

Принята к публикации: 15.03.2022

Online first: 30.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

Autonomous balance is a factor of changes in the components of the body composition of football players

Denis V. Golubev

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

ABSTRACT

Objective: To investigate the nature of the relationship between the indicators of heart rate variability (HRV), reflecting the state of autonomous balance and the parameters of the component composition of the body of football players.

Materials and methods: We studied $n = 80$ football players living in the north-western region of the Russian Federation. Group data: $16,9 \pm 0,8$ years; weight $73,1 \pm 4,7$ kg; height $181,1 \pm 4,9$ cm. Monitoring of heart rate variability was carried out by the hardware and software complex "Omega-Sport, St.

Petersburg". The bioelectric activity of the heart was recorded in the II standard lead from the sitting position in the morning (9:00–10:00). The assessment of the body composition of football players was carried out four times (January, April, August, November) using the Inbody 770 analyzer, Japan.

Results: SI has a strong direct correlation with the indicators: "total fat content" ($r = 0.994$, $P = 0.011$); "total water content" ($r = 0.811$, $P = 0.013$). A direct strong correlation was established between SDNN and "total fat content" ($r = 0.933$, $P = 0.009$) and an inverse strong correlation with "total muscle mass" ($r = -0.877$, $P = 0.006$). pNN50 has a strong direct correlation with "total fat content" ($r = 0.889$, $P = 0.011$), in addition, there is a strong inverse correlation with "total muscle mass" ($r = -0.767$, $P = 0.012$). HF and "total fat content" ($r = 0.733$, $P = 0.008$) have a strong direct correlation; and with the indicator "total water content" of skeletal muscle mass ($r = -0.874$, $P = 0.011$) a strong inverse. A strong inverse relationship is shown between LF and "total fat content" ($r = -0.766$, $P = 0.011$), as well as a strong direct correlation with "total muscle mass" ($r = 0.951$, $P = 0.013$), "total water content" ($r = 0.917$, $P = 0.008$).

Conclusions: There is a close correlation of the indicators "total muscle mass", "total fat content", "total water content" with a limited number of HRV parameters: SI, SDNN, pNN50, HF, LF. The study showed a significant ($p < 0.05$) predominance of: the activity of the parasympathetic ANS department — the competitive period, in which there was a significant ($p < 0.05$) increase in "total muscle mass", a decrease in "total fat content" in the 1st, 2nd and 3rd diagnostics; the activity of the sympathetic ANS department — the recovery period, which significantly ($p < 0.05$) affected: a decrease in "total muscle mass", "total water content"; an increase in "total fat content" in the 4th diagnosis.

Keywords: body composition, heart rate variability, regulation of body component composition, football

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Golubev D.V. Autonomous balance is a factor of changes in the components of the body composition of football players. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2022;12(1):92–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

Received: 10 December 2021

Accepted: 15 March 2022

Online first: 30 March 2022

Published: 30 April 2022

1. Введение

Оценка компонентного состава тела является неотъемлемой частью функциональной диагностики спортсменов, в частности футболистов, и имеет прикладное значение для анализа специальной физической работоспособности [1]. Изменениям подвержены в основном такие показатели, как масса жировой и мышечной тканей, общее содержание воды в организме. Выраженность и направленность данных характеристик формируют адаптивные сдвиги в системе энергообеспечения, обуславливая расход метаболических и информационных ресурсов [2]. Состояние энергетических процессов во многом определяется соотношением активности симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы (автономный баланс — АБ). Их тесный симбиоз обеспечивает координационную функцию и достижение оптимальных адаптаций к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Используя математический анализ сердечного ритма, возможно объективизировать особенности автономного равновесия, получить количественную оценку степени напряжения регуляторных механизмов, их накопление, сохранение и распределение.

Таким образом, тип автономного баланса предполагает специфику процессов приспособления и компенсаций системы кровообращения, что может способствовать прогнозированию дизадаптационных процессов в изменении состава тела футболистов.

Цель исследования — изучить характер взаимосвязи между показателями вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающими состояние автономного баланса, и параметрами компонентного состава тела футболистов.

2. Организация и методы исследования

Исследовали футболистов ($n = 80$), проживающих в северо-западном регионе Российской Федерации.

Кандидаты в мастера спорта ($n = 20$), 1-й спортивный разряд ($n = 60$). Средние морфологические данные: возраст $16,9 \pm 0,8$ года; вес $73,1 \pm 4,7$ кг; рост $181,1 \pm 4,9$ см. На момент тестирования спортсмены не имели диагностированных заболеваний. Все игроки были проинформированы об экспериментальных процедурах, прежде чем подписали согласие на исследовательское участие в соответствии с Хельсинкской декларацией и нормами международного права. В ходе исследования применяли аппаратно-программный комплекс «Омега-Спорт, Санкт-Петербург» [4]. На протяжении одного года (январь, февраль, март — подготовительный период; апрель, май, июнь, август, сентябрь, октябрь — соревновательный период; ноябрь, декабрь — восстановительный период) в утренний промежуток времени (9:00–10:00) осуществлялась запись биоэлектрической активности сердца во 2-м стандартном отведении из положения сидя, ноги и руки не скрещены, дыхание ровное, глаза закрыты. Регистрировали и анализировали статистические, геометрические и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма: ИН, у.е. (индекс напряжения); ВР, мс (вариационный размах); Мо, мс (мода); аМо, % (амплитуда моды); SDNN, мс (среднее квадратичное отклонение); RMSSD, мс (квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN); pNN50, % (процентное отношение последовательных интервалов NN); LF, мс² (низкочастотные волны спектра); HF, мс² (высокочастотные волны спектра); TP, мс² (общая мощность спектра); VLF, мс² (очень низкочастотные волны).

Четырежды (январь — первая диагностика; апрель — вторая диагностика; август — третья диагностика; ноябрь — четвертая диагностика) проводилась оценка состава тела футболистов с помощью профессионального анализатора Inbody 770 (Япония). В данной технологии

Таблица 1

Взаимосвязь между параметрами состава тела и показателями variability сердечного ритма

Table 1

The relationship between body composition parameters and heart rate variability indicators

Показатели variability сердечного ритма Heart rate variability indicators	Показатели состава тела Body composition indicators			
	Общее содержание жира, % Total fatcontent, %	Общая мышечная масса, кг Total musculmass, kg	Общее количество воды, л Total amount of water, l	Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²
ИН, усл. ед./usl. ed	0,994* $p = 0,011$	0,177 $p = 0,119$	0,811* $p = 0,013$	0,622 $p = 0,499$
MxDMn, мс/ms	0,113 $p = 0,227$	0,553 $p = 0,876$	0,548 $p = 0,668$	0,114 $p = 0,474$
Mo, мс/ms	0,512 $p = 0,662$	0,299 $p = 0,213$	0,286 $p = 0,173$	0,481 $p = 0,364$
aMo, %	0,675 $p = 0,336$	0,964 $p = 0,117$	0,221 $p = 0,215$	0,442 $p = 0,389$
SDNN, мс/ms	0,933* $P = 0,009$	-0,877* $P = 0,006$	0,118 $P = 0,384$	0,252 $P = 0,279$
RMSSD, мс/ms	0,112 $p = 0,272$	0,619 $p = 0,322$	0,552 $p = 0,416$	0,662 $p = 0,517$
pNN50, %	0,889* $p = 0,011$	-0,767* $p = 0,012$	0,559 $p = 0,108$	0,322 $p = 0,101$
TP, мс ² /ms ²	0,454 $p = 0,492$	0,319 $p = 0,375$	0,316 $p = 0,117$	0,527 $p = 0,767$
HF, мс ² /ms ²	0,733* $p = 0,008$	0,119 $p = 0,663$	-0,874* $p = 0,011$	0,389 $p = 0,342$
LF, мс ² /ms ²	-0,766* $p = 0,011$	0,951* $p = 0,013$	0,917* $p = 0,008$	-0,166 $p = 0,282$
VLF, мс ² /ms ²	0,289 $p = 0,361$	0,387 $p = 0,188$	0,219 $p = 0,344$	0,902 $p = 0,667$
ULF, мс ² /ms ²	0,545 $p = 0,184$	0,466 $p = 0,115$	0,213 $p = 0,186$	0,106 $p = 0,379$

Прим.:* — различия статистически достоверны ($p < 0,05$).Note: * — the differences are statistically significant ($p < 0.05$).

заложена восьмиточечная система тактильных электродов. Стендовая Inbody зона оснащена: установкой с электродами для ног и рук; встроенным монитором с голосовой системой; ростомером с сенсомоторным каркасом; компьютером с программным обеспечением и облачным сервером для хранения информационных данных [5]. Регистрировали следующие показатели: общая мышечная масса (кг), общее содержание жира (%), общее содержание воды в организме (л), индекс массы тела (кг/м²).

Статистический анализ данных проводился в прикладных программах «Statistica 12.0», «MicrosoftOfficeExcel 2017» и соответствовал задачам исследования. Корреляционный анализ по Пирсону (r) использовали для изучения изменения показателей состава тела в ответ на модуляцию показателей variability

сердечного ритма. Регрессионный анализ использовали для динамического анализа показателей сердечной variability за период исследования. Достоверность различий между значениями показателей компонентов состава тела определяли с помощью z -критерия Фишера. При $p < 0,05$ различия считали достоверно значимыми.

3. Результаты исследования

Данные о взаимосвязи показателей variability сердечного ритма футболистов с параметрами компонентов состава тела представлены в таблице 1. Установлено 11 сильных корреляционных связей ($r > 0,7$), из которых 7 положительных (прямых) и 4 отрицательные (обратные). На рисунке 1 представлена достоверная ($p < 0,05$) волнообразная динамика ИН. Определены диаметрально противоположные изменения в активности отделов

АНС (январь — октябрь — парасимпатическое преобладание; ноябрь — декабрь — симпатическое преобладание) на протяжении исследуемого периода (рис. 1). Статистический анализ показал пролонгированное снижение ИН, отрицательное направление тренда — уменьшение на $-6,8055$ единицы ежемесячно. Регрессионное уравнение получило вид: $ИН = -6,8055 \times 11 + 144,71$. Тенденция тренда SDNN однонаправлена с ИН, что трактуется как «ослабление автономной регуляции» (рис. 2). Восстановительный период (ноябрь — декабрь) достоверно ($p < 0,05$) выражен наибольшей депрессией данного показателя, обуславливая подавление активности автономного контура. Регрессионное уравнение имеет вид: $SDNN = -6,4035 \times 11 + 116,18$. Изменения значений рNN50 отрицательно-устойчивые с пиком в соревновательный период (июль) (рис. 3). Единый трендовый вектор с ИН и SDNN указывает на формирование перенапряжения и перетренированности спортсменов-футболистов. Регрессионное уравнение приобрело вид: $рNN50 = -0,2223 \times 11 + 22,248$.

Изучая волновую структуру спектра: высокочастотный компонент (HF) снижался стабильно, низкочастотный компонент представлен устойчивой динамикой

и скачкообразным «фрагментом» между соревновательным и восстановительным периодами (октябрь, ноябрь, декабрь) (рис. 4). Регрессионные уравнения получили следующий вид: $HF = -19,418 \times 11 + 974,08$; $LF = 108,5 \times 11 + 52,019$.

В ходе обработки результатов мы обнаружили достоверно ($p < 0,05$) значимые различия между 1-й и 2-й ($Z = 1,132$, $p = 0,019$), 2-й и 3-й ($Z = 1,103$, $p = 0,047$) диагностиками по ряду показателей компонентов состава тела футболистов. Достоверно ($p < 0,05$) повышался «общая мышечная масса, кг» ($p = 0,046$); снижался «общее содержание жира, %» ($p = 0,037$). Эффект парасимпатического преобладания в регуляции сердечного ритма, наблюдаемый в соревновательный период (апрель — октябрь), положительно повлиял на оптимальность автономных изменений в организме (рис. 1, 2, 3, 4), зависимо действуя на тенденцию поступательного повышения «общая мышечная масса, кг» в 1-й, 2-й и 3-й диагностиках (табл. 2). Показатели «общее содержание воды, л» и «индекс массы тела» не имели достоверных ($p < 0,05$) различий.

Определены существенные достоверные ($p < 0,05$) различия между 3-й и 4-й диагностикой состава тела футболистов (табл. 2). Повышались показатели: «общее

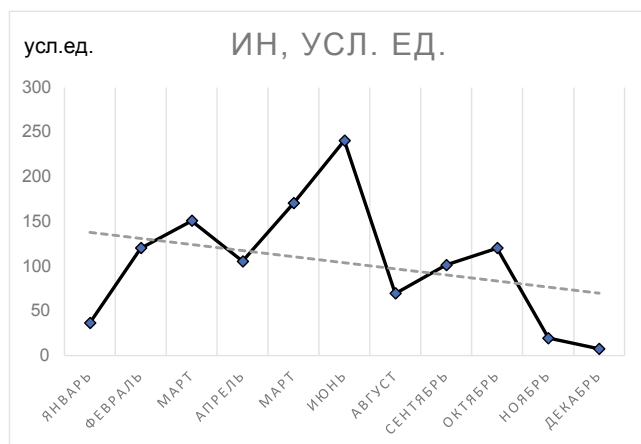


Рис. 1. Динамика ИН в исследуемый период, усл. ед.
Fig. 1. Dynamics of SI in the study period, u. e.

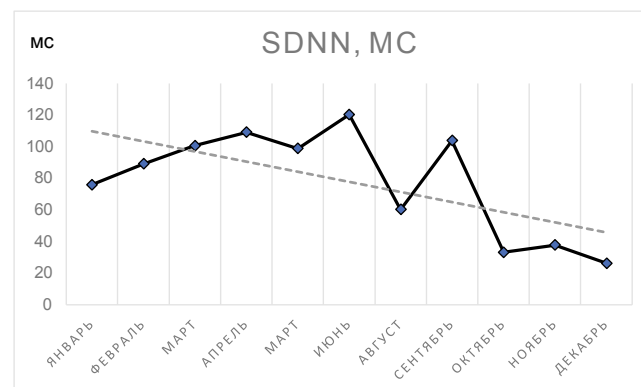


Рис. 2. Динамика SDNN в исследуемый период, мс
Fig. 2. Dynamics of SDNN in the study period, ms

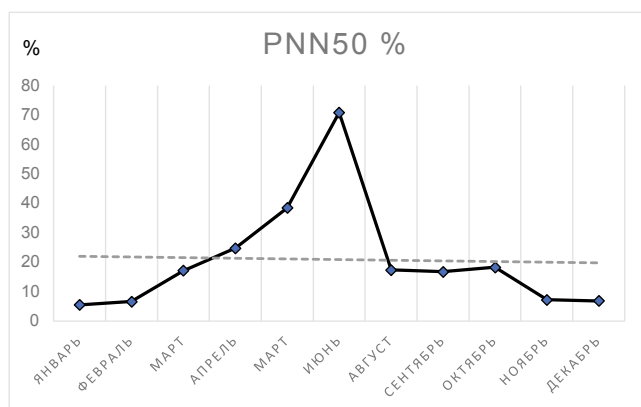


Рис. 3. Динамика рNN50 в исследуемый период (%)
Fig. 3. Dynamics of рNN50 in the study period (%)

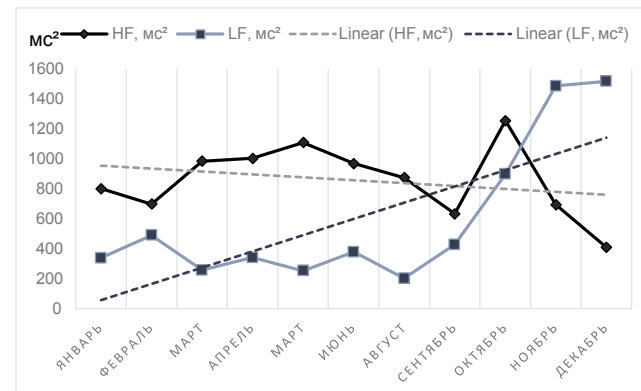


Рис. 4. Динамика HF и LF волн в исследуемый период, мс²
Fig. 4. Dynamics of HF and LF waves in the study period, ms²

Таблица 2

Результаты измерения состава тела футболистов ($n = 80$)

Table 2

Results of measuring the body composition of football players ($n = 80$)

Показатель	1-я диагностика $M \pm SD$	2-я диагностика $M \pm SD$	3-я диагностика $M \pm SD$	4-я диагностика $M \pm SD$	Z	P
Общее содержание жира, %	10,44 \pm 1,68	9,51 \pm 1,22	9,38 \pm 0,93	10,54 \pm 3,52	1,402	0,021
Общая мышечная масса, кг	32,91 \pm 3,47	34,81 \pm 3,7	35,01 \pm 1,94	33,81 \pm 2,77	-1,03	0,039
Общее содержание воды, л	38,70 \pm 3,61	41,57 \pm 3,72	42,92 \pm 2,44	39,57 \pm 2,21	1,955	0,042
Индекс массы тела, кг/м ²	19,63 \pm 0,48	20,42 \pm 0,76	20,78 \pm 0,71	20,63 \pm 0,93	1,114	0,286

Примечание: * — различия между 3-й и 4-й диагностикой статистически достоверны ($p < 0,05$).Note: * — the differences between 3 and 4 diagnostics are statistically significant ($p < 0.05$).

содержание жира, %» ($p = 0,021$), «общее содержание воды, л» ($p = 0,042$); снижался: «общая мышечная масса, кг» ($p = 0,039$). Наличие достоверно ($p < 0,05$) значимого преобладания активности симпатического отдела АНС над парасимпатическим в восстановительный период (ноябрь — декабрь) обусловлен истощением информационных и энергоресурсов, дисрегуляторными проявлениями, снижением уровня адаптационных возможностей организма (рис. 1–4), что предопределило угнетение анаболических и усиление катаболических процессов (рис. 6–8). На рисунке 9 показана стабильная динамика в различии показателя «индекс массы тела» ($p = 0,238$), однако различия не имеют значимой достоверности (табл. 2).

4. Выводы

Наибольшую взаимосвязь с динамикой показателей «общая мышечная масса», «общее содержание воды»,

«общее содержание жира» имели следующие параметры ВСП: ИИ, SDNN, pNN50, HF, LF. Их информативность и надежность подтверждена статистическим анализом ($p < 0,05$). Используя физиологическую интерпретацию выделенных характеристик и их модуляцию в течение периода исследования (январь — декабрь), были установлены признаки реагирования автономного баланса: соревновательный период — парасимпатическое преобладание, при котором наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) повышение «общая мышечная масса», снижение «общее содержание жира» в 1-й, 2-й и 3-й диагностике; восстановительный период — симпатическое преобладание, которое достоверно ($p < 0,05$) повлияло на: снижение «общая мышечная масса», «общее содержание воды»; повышение «общее содержание жира» в 4-й диагностике.

Данный подход оправдан в отношении формирования практико-ориентированного профиля,

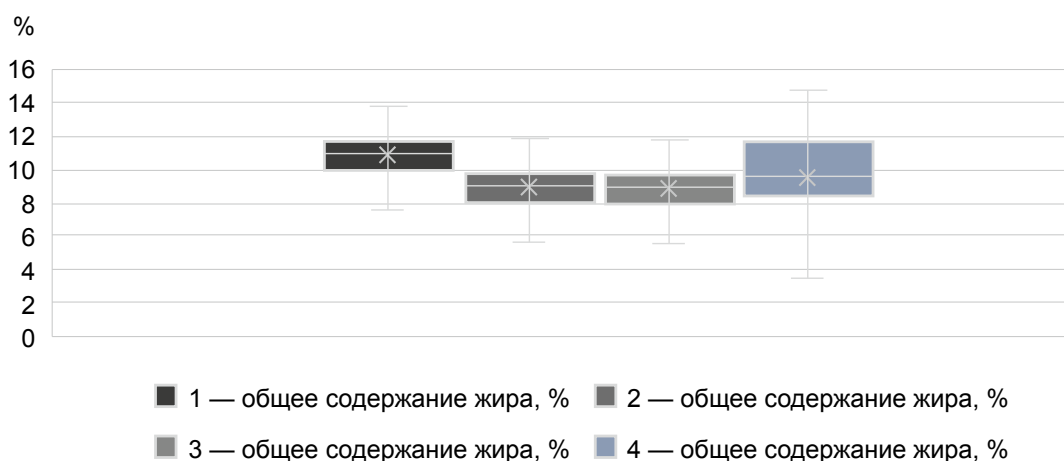


Рис. 5. Различия показателя «содержание жира (%)» в теле футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением

Fig. 5. Differences in the indicator of fat content (%) in the body of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

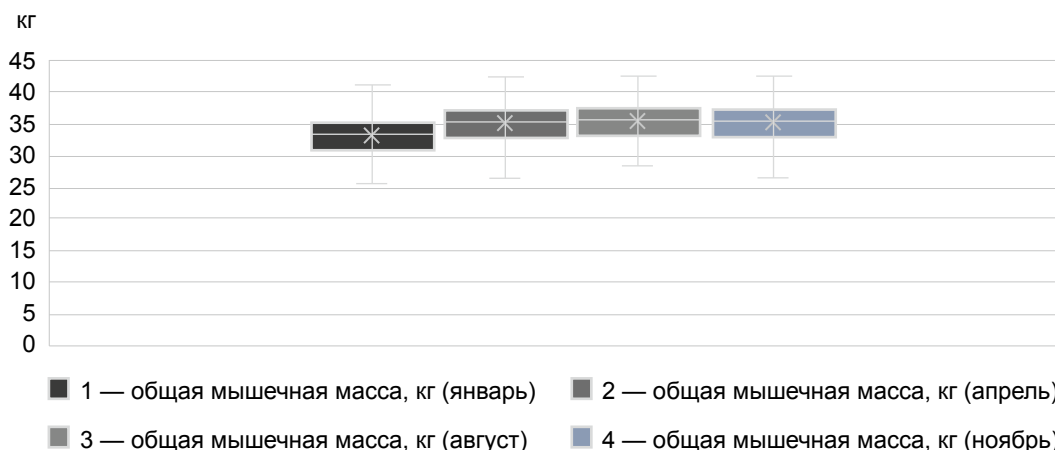


Рис. 6. Различия показателя «общая мышечная масса (кг)» футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением
Fig. 6. Differences in the indicator of total muscle mass (kg) of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

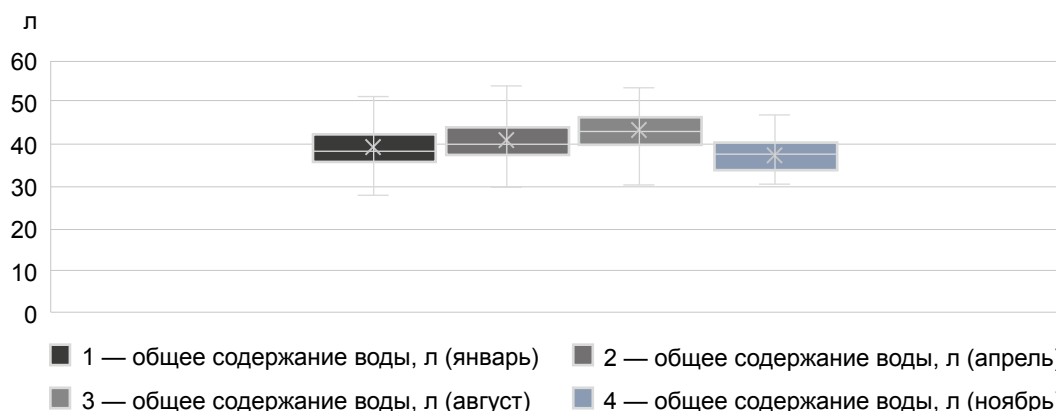


Рис. 7. Различия показателя «общее количество воды» (л) в теле футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением
Fig. 7. Differences in the indicator total amount of water (l) in the body of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

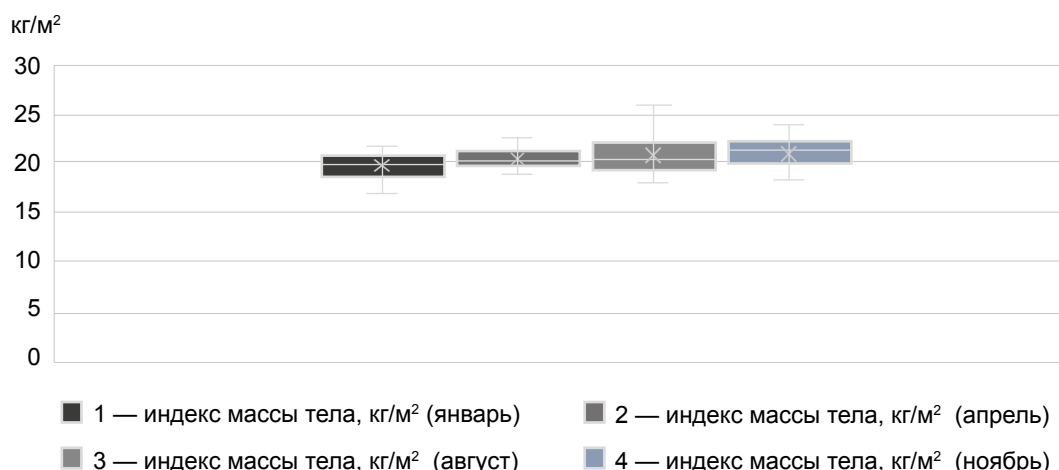


Рис. 8. Различия показателя индекс массы тела футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением
Fig. 8. Differences in the body mass index of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

характеризующего состояния автономного баланса, который в нашем исследовании представлен наличием дисрегуляторных проявлений, снижением уровня адаптационных возможностей и состоянием

перетренированности спортсменов изучаемой выборки, что в свою очередь достоверно ($p < 0,05$) предопределило наличие изменений компонентов состава тела футболистов.

Список литературы

1. Botek M., Krejčí J., McKune A.J., Klimešová I. Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *J. Hum. Kinet.* 2016;54:65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
2. Мавлиев Ф.А., Назаренко А.С., Хаснутдинов Н.Ш., Можаяв Э. Л. Морфофункциональные особенности спортсменов циклических и ситуационных видов спорта. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2017;(2):131–135.
3. Сурина-Марышева Е.Ф., Эрлих В.В., Ермолаева Е.Н. Вариабельность ритма сердца и физическое развитие хоккеистов 9–16 лет. *Человек. Спорт. Медицина.* 2021;21(2):100–106.
4. Dynamic Technologies. Научно-производственная фирма Динамика [Интернет]. Режим доступа: <https://dyn.ru>
5. Inbody [Интернет]. Режим доступа: <https://inbody-ru.ru>

Информация об авторе:

Голубев Денис Вячеславович, аспирант кафедры физиологии ФГБОУ ВО «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург», 190121, Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-8211> (+7 (911) 8106648, dengolubev@inbox.ru)

Information about the author:

Denis V. Golubev, Post-graduate Student of the Department of Physiology of the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 35, Dekabristov str., Saint Petersburg, 190121, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-8211> (+7 (911) 8106648, dengolubev@inbox.ru)

References

1. Botek M., Krejčí J., McKune A.J., Klimešová I. Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *J. Hum. Kinet.* 2016;54:65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
2. Mavliev F.A., Nazarenko A.S., Khasnutdinov N.SH., Mozhaev E.L. Morphofunctional peculiarities of athletes in cyclic and situational sports. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta.* 2017;(2):131–135 (In Russ.).
3. Surina-Marysheva E.F., Erlih V.V., Ermolaeva E.N. Heart rate variability and physical development in ice hockey players aged 9–16. *Chelovek. Sport. Medicina = Human. Sport. Medicine.* 2021;21(2):100–106 (In Russ.).
4. Dynamic Technologies. Scientific and production firm Dynamics [Internet]. Available at: <https://dyn.ru>
5. Inbody Company [Internet]. Available at: <https://inbody-ru.ru> (In Russ.).