РАЗДЕЛ XXV. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Соколов А.И.¹, Лавриненко С.В.², Выборная К.В.¹, Раджабкадиев Р.М.¹, Никитюк Д.Б.^{1,3}

Оценка потребности в жидкости у футболистов на основании определения уровня их персональных энерготрат

¹ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

²Центр спортивного восстановления LabRehab

³ГБОУ ВПО Первый МГМУ им И.М. Сеченова
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-09-2021-108

Аннотация

В статье отображены результаты оригинальных исследований — определение уровня суточных энерготрат у спортсменов игровых видов спорта (футбол) и их взаимосвязь с водопотерями. Также даны количественные рекомендации по восполнению жидкости. Показано, что при средней по группе массе тела футболистов 76,7 кг, они имеют средний показатель величины основного обмена 1843 ккал/сут, их суточные энерготраты составляют в среднем по группе 3961 ккал/сут, коэффициент физической активности составил 2,15, необходимое общее суточное потребление жидкости составило 3961 мл/сут, и рекомендуемое потребление воды с напитками составило 2377 мл/сут.

Ключевые слова: дегидратация, водный баланс, спортивная физиология, энерготраты, футбол.

Abstract

The article reflects the results of original researches - determination of the level of daily energy consumption in sportsmen of game sports (soccer) and their correlation with water losses. Quantitative recommendations on liquid replenishment are also given. It was shown that with the average body weight of football players in the group of 76.7 kg, having an average basal metabolic rate of 1843 kcal / day, their daily energy expenditures averaged 3961 kcal / day for the group, the coefficient of physical activity was 2.15, the required total daily fluid intake was 3961 ml / day and the recommended consumption of water with drinks was 2377 ml / day.

Keywords: dehydration, water balance, sports physiology, energy expenditure, soccer.

Введение

Соблюдение водного баланса и восполнение водных резервов организма играет ключевую роль в поддержании гомеостаза и обеспечении эффективности физической деятельности. Состояние дегидратации организма оказывает глубокое влияние на физическую работоспособность спортсменов, и, таким образом, критически отражается на результате. Дегидратация не только ухудшает работоспособность, но и ставит под угрозу здоровье спортсмена. Обезвоживание может произойти как в ходе тренировок и соревнований, так и при неполном восстановлении водного баланса после предыдущей физической нагрузки. Результаты мониторинга уровня гидратации организма можно и нужно использовать для разработки питьевого режима с целью оптимизации работы спортсмена. Своевременное восполнение водопотерь должно обеспечиваться балансом воды, поступающей с пищей и дополнительными источниками жидкости, и водой, расходуемой организмом в ходе жизнедеятельности.

Фактическая оценка потребности в жидкости достаточно сложна, поскольку этот показатель строго индивидуален и зависит от множества как общих, так и частных факторов,

влияющих на организм человека. Для практических целей рекомендуется использовать 1 мл воды на 1 ккал израсходованной энергии для взрослых людей при комфортных условиях окружающей среды.

Указанная потребность в воде может увеличиваться до 1,5 мл/ккал при повышенной температуре окружающей среды, высокой влажности и очень высокой физической активности [1].

У спортсменов игровых видов спорта возможны большие индивидуальные различия в расходе энергии, что связано с множеством факторов, влияющих на интенсивность физической нагрузки в ходе игры: индивидуальные физиологические особенности, мотивация, эмоциональный фон, физические возможности, тактические задачи.

Необходимость оценки уровня гидратации спортсменов при занятиях спортом не вызывает сомнений. Оптимальное функциональное состояние систем организма спортсмена является залогом обеспечения высоких результатов. Грамотно подобранный питьевой режим и своевременная регидратация необходимы для обеспечения конкурентоспособности, эффективного проведения тренировок и поддержания состояния здоровья спортсменов [2].

Даже небольшая потеря жидкости, которая не восполняется вовремя, может ухудшить работоспособность и качество выполняемой работы [3]. Значительные потери воды (2–3 % от массы тела) оказывают отрицательное влияние на мышечную силу и выносливость [4] и могут приводить к серьезному нарушению работы сердечно-сосудистой системы [3].

Верхний допустимый уровень дегидратации не должен превышать 1 % от массы тела. Колебания водных резервов организма в этих пределах являются естественными, физиологичными и не отражаются на функциональной активности органов и когнитивной деятельности мозга [5, 6, 7].

Содержание воды в организме зависит от ее количества, поступающего с пищей и образующегося эндогенно при катаболизме углеводов, жиров и белков (табл. 1). В свою очередь, вода, поступающая в организм с пищей, входит в состав как готовых блюд (40 %), так и напитков (60 %) [8]. Это разделение достаточно условно и приблизительно и в существенной мере зависит от характера питания. Поскольку легко определить содержание воды в большинстве напитков, именно их можно рекомендовать в строго определенном количестве для обеспечения (поддержания) водного баланса организма.

Таблица 1

Источники воды в организме

Источники воды в организме	Доля от всей воды, поступающей в организм, %	Доля воды, поступающей в организм с пищей, %
Экзогенная вода, поступающая с пищей, в том числе:	87,5	
с напитками	52,5	60
с блюдами	35,0	40
Эндогенная вода	12,5	

В условиях температурного комфорта (20–25 °С) адекватная потребность человека в воде составляет 1 мл/ккал. Этот принцип был принят нами за основу оценки потребности в воде, обусловленной физической активностью [1].

Цель

Оценить потребность в воде у спортсменов, специализирующихся в футболе, на основании их суточных энерготрат.

Материалы и методы

Обследование проводилось на следующий день после матча в регулярном чемпионате профессиональной футбольной лиги. Все обследуемые дали информированное письменное

согласие на участие в исследовании. Протокол обследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Указанный тренировочный день характеризовался умеренной физической активностью всех игроков основного и запасного состава. Начало тренировки состояло из общей физической подготовки у всех футболистов с последующим разделением на группы, в зависимости от их игровых амплуа. Тренировка проходила на открытом стадионе. Температура воздуха во время тренировки составила +22 °С, относительная влажность — 45 %. В обследовании приняли участие 23 футболиста (средний возраст - $24 \pm 4,3$ года; звание - не ниже кандидата в мастера спорта). Измеряли габаритные размеры тела: массу тела (МТ, на медицинских весах «Масса К», Россия) и длину тела (ДТ, с помощью медицинского ростомера HR-001Tanita, Великобритания). Аппаратное измерение величины основного обмена (ВОО) в покое проводили утром натощак методом непрямой калориметрии с помощью портативного метабологафа Oxycon mobile (Jagger, Германия). Состав тела определяли с помощью портативного биоимпедансного анализатора «ABC-01» (Медасс, Россия) [9–11]. Для дальнейших расчетов использовали абсолютный ($ТМТ_{абс.}$) и относительный ($ТМТ_{отн.}$) показатели тощей массы тела.

Оценку персональных суточных энерготрат проводили на основании данных мониторинга ЧСС в течение суток с помощью кистевого пульсометра Polar M200 (Polar, Финляндия) и преобразования их в энерготраты по формуле калибровочной зависимости, полученной в результате измерения ВОО и энерготрат при ступенчатой физической нагрузке на велоэргометре (Monark, Швеция) с помощью метабологафа Oxycon mobile [12]. Оценку достоверности различий проводили непараметрическими критериями Крускала — Уолеса и Манна Уитни с поправкой Бонферрони — Холма при множественном сравнении в случае отклонения нулевой гипотезы Н-критерия с помощью программы Excel 2007.

— Суммарную (суточную) потребность в воде рассчитывали по формуле:

$$ПВ = СЭТ * k,$$

где ПВ — потребность в воде, мл/сут,

СЭТ — величина суточных энерготрат, ккал/сут,

k — коэффициент зависимости водопотерь от энерготрат, равный 1 мл/ккал.

— Рекомендуемое потребление воды с напитками (РПВ) рассчитывают по формуле:

$$РПВ = ПВ * 0,6,$$

где 0,6 — коэффициент для расчета количества воды, поступающей в организм с напитками, от суммарной потребности в воде, поступающей с пищей [8].

Результаты и обсуждение

Нами были выявлены различия показателей МТ и $ТМТ_{абс.}$ в группах спортсменов различных игровых амплуа. У вратарей и полузащитников эти показатели были ниже, чем у защитников и нападающих ($p < 0,05$). Между тем наибольший относительный показатель ($ТМТ_{отн.}$) был в группах вратарей и полузащитников (табл. 2, рис. 1).

Значения ВОО не отличались у спортсменов разных групп. В то же время было показано, что индивидуальные значения энерготрат футболистов имеют большой разброс, что, скорее всего, связано не только с антропометрическими параметрами, но и с разной степенью вовлеченности в тренировочный процесс каждого игрока в день измерения. Максимальные различия в уровнях суточных энерготрат наблюдали между вратарями и полузащитниками (табл. 2). На основании индивидуальных показателей ВОО и суточных энерготрат (ЭТсут) были рассчитаны коэффициенты физической активности (КФА) и обнаружены значимые различия у спортсменов в зависимости от их игровых амплуа в конкретный тренировочный день (табл. 2).

Таблица 2

Среднегрупповые показатели массы тела, тощей массы тела, величины основного обмена, суточных энерготрат и рассчитанные на их основании коэффициенты физической активности и уровни рекомендуемого потребления жидкости футболистов в зависимости от их игровых амплуа

Амплуа, n	МТ, кг	$TMT_{\text{общ}}$, кг	$TMT_{\text{тощ.}}$, %	$ВОО_{\text{факт.}}$, ккал/сут	$ЭТ_{\text{сут.}}$ (ккал/сут)	Необходимое общее количество жидкости; мл/сут [1]	Рекомендуемое потребление воды с напитками, мл/сут [8]	КФА
Вратари, 3	75±3,5	65±2,0	86,7±1,3	1821±83	3159±249	3159	1895±248	1,73±0,07
Полузащитники, 10	74,1±1,5	63,8±0,1	86,2±0,7	1871±117	4408±332• #	4408	2645±198• #о	2,35±0,06• #
Нападающие, 3	80,5±6,5	68,3±3,7	85,5±2,6	1820±201	3974±377•	3974	2385±226•	2,19±0,17•
Защитники, 7	79,7±2,1	66±2,5	82,9±2,0	1823±78	3660±243•	3660	2196±145•	2,01±0,12•
Всего, 23	76,7±1,5	65,3±1,0	85,3±0,7	1843±110	3961±536	3961	2377±322•	2,15±0,24

Примечание:

Статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от группы:

* — Полузащитников;

о — Нападающих;

— Защитников;

• — Вратарей.

На основании показателей суточных энерготрат футболистов ($ЭТ_{\text{сут}}$) нами была рассчитана индивидуальная суточная потребность в общей жидкости и были даны персональные и групповые рекомендации по потреблению воды с напитками, исходя из коэффициента пересчета — 0,6 от общей жидкости в сутки [8]. Спортсменам из групп полузащитников и нападающих рекомендовано наибольшее потребление как общей жидкости (мл/сут), так и воды с напитками (мл/сут), что напрямую связано с высоким уровнем их физической активности, а, следовательно, и энерготрат.

Величина основного обмена зависит от массы, длины, состава и площади поверхности тела, возраста, пола, характера питания, гормонального статуса, генетических особенностей, тренировочного режима и интенсивности физических нагрузок. Показатель $ВОО$ растет прямо пропорционально МТ, поэтому для сравнения показателей $ВОО$ и суточных $ЭТ$ у спортсменов с различной МТ более информативно использовать показатель основного обмена в пересчете на один килограмм МТ — удельную величину $ОО$ ($ВОО_{\text{уд}}$).

В таблице 3 и на рисунке 1 представлены удельные величины $ВОО_{\text{уд}}$ и $ЭТ_{\text{уд}}$ в зависимости от игровых амплуа футболистов.

Таблица 3

Удельные показатели $ВОО$ и $ЭТ_{\text{сут}}$ на футболистов разных игровых амплуа

Амплуа, n	$ВОО_{\text{уд}}$ (ккал/кг/сут)	$ЭТ_{\text{уд}}$ (ккал/кг/сут)
Вратари, 3	24,20 ± 0,96	41,93 ± 1,57
Полузащитники, 10	24,99 ± 0,80	58,84 ± 2,25
Нападающие, 3	23,64 ± 1,31	51,97 ± 2,66
Защитники, 7	22,92 ± 0,97	53,11 ± 3,74
Всего, 23	24,03 ± 1,40	52,80 ± 3,84

Установлено, что показатель $ВОО_{уд}$ меньше в группе защитников, больше — в группе полузащитников (различия между группами статистически не достоверны).

Рисунок 1. Графическое сравнение основных исследуемых показателей согласно разделению на группы по игровым амплуа (В – вратари, ПЗ – полузащитники, Н – нападающие, З – защитники)

При этом диапазон среднегрупповых показателей $ЭТ_{уд}$ составил 41,93–58,84 ккал/кг/сут (самые высокие энерготраты – у полузащитников, самые низкие – у вратарей, различия показателей между группами вратарей и полузащитников отличаются статистически достоверно), что указывает на различную интенсивность физической нагрузки спортсменов разных игровых амплуа в один и тот же тренировочный день и не зависит от массы тела.

Выводы

Обследованные нами спортсмены различаются по показателям как массы, так и состава тела. Несмотря на то, что вратари и полузащитники в среднем имеют меньшую массу тела, показатели относительной тощей массы тела у них выше, чем у защитников и нападающих.

Величина основного обмена, как в абсолютных (ккал/сут), так и в удельных (ккал/кгМТ/сут) показателях, значимо не отличалась у спортсменов разных игровых амплуа. Такой незначительный разброс удельных величин $ВОО$ при однородных антропометрических показателях (по массе тела) указывает на хорошую тренированность всех спортсменов команды независимо от игрового амплуа.

Выявленные значения суточных энерготрат и, соответственно, коэффициентов физической активности у футболистов в одном тренировочном периоде отражают индивидуальные и групповые различия интенсивности физической активности у спортсменов разных игровых амплуа при работе разной направленности.

Рекомендации как по необходимому количеству жидкости (мл/сут), так и по потреблению воды с напитками (мл/сут) напрямую связаны с энерготратами футболистов и должны носить строго индивидуальный характер, так как физическая активность значительно различается даже среди спортсменов одного игрового амплуа.

В соответствии с различным уровнем энерготрат были даны рекомендации по количеству потребления общей жидкости (мл/сут) и воды с напитками как индивидуально для каждого спортсмена, так и по группам в зависимости от амплуа.

Проведенные исследования показали, что данный метод оценки дегидратации применим для спортсменов разных видов спорта в любой период их физической деятельности независимо от уровня квалификации. Анализ могут подвергаться отдельные периоды деятельности спортсмена в течение суток. Достоинством такого подхода является неинвазивность и малое количество лимитирующих факторов при применении метода во

время осуществления профессиональной деятельности спортсмена в большинстве видов спорта.

Результаты данных исследований были использованы при разработке методических рекомендаций «Технология профилактики дегидратации у спортсменов игровых видов спорта и разработка методик регидратации», в которых приведены рекомендации по восполнению жидкости до, во время и после тренировок и соревнований у спортсменов, специализирующихся в игровых видах спорта.

1. Recommended Dietary Allowances: 10th Edition. Washington(DC): National Academies Press (US); 1989
2. Volpe S L., Poule K.A, Bland E.G Estimation of Prepractice Hydration Status of National Collegiate Athletic Association Division I Athletes. Journal of Athletic Training. №44 (6). 2009. pp. 624-629. doi: 10.4085/1062-6050-44.6.
3. Дуанбекова Г.Б., Киспаев Т.А., Абишев Ж.Б., Ермембетов Ж.М., Мускунов К.С. Спортивные напитки как незаменимый компонент поддержания физической работоспособности организма спортсменов. Современные научные исследования и разработки Т. 2. 2017 № 1 (9).стр. 64-67. Курашвили В.А. Метод контроля дегидратации спортсменов. Вестник спортивных инноваций. №35, 2012, стр. 6-10.
4. Mielgo A.J, Maroto S.B, Luzardo R.S, et al Evaluation of nutritional status and energy expenditure in athletes. Nutrition Hospitalaria. №31, 2015, pp. 227-236. DOI: 10.3305/nh.2015.31.sup3.8770
5. Murray R. Rehydration strategies—balancing substrate, fluid, and electrolyte provision. Int. J Sports Med. 1998;19:S133–S135
6. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. J Am Diet Assoc. 2000; 100:1543–1556.
7. Sawka M.N, Burke L.M, Eichner E.R, et al. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(2):377–390.
8. Heather H.F, Alan E.M, Practical applications in sports nutrition. Fifth edition. Burlington, Massachusetts : Jones & Bartlett Learning, 2018
9. Тутельян В.А. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике: методические рекомендации / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, Е.А. Бурляева. - М.: Спорт, 2018. – 64 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32388004>
10. Выборная К.В. Основной обмен как интегральный количественный показатель интенсивности метаболизма / Выборная К.В., Соколов А.И., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. // Вопросы питания. Том 86, № 5, 2017. С. 5-11
11. Николаев Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. — М.: Наука, 2009.— 392 с. <https://medass.su/wp-content/uploads/2017/03/book2009.pdf>
12. Патент 2699953 (Российская Федерация, МПК А61В 5/02 (2006.01)). Способ определения персонализированных суточных энерготрат путем пульсометрии / Соколов А.И., Лавриненко С.В., Раджабадиев Р.М., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Семенов М.М., Клочкова С.В., Пузырева Г.А., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б.; заявитель и патентообладатель г. Москва. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» - N 2019121540; заявл. 10.07.19; опубл. 11.09.19

Тимонин А.Н., Раджабадиев Р.М., Выборная К.В.

**Метаналитические аспекты активности креатинфосфокиназы у спортсменов
циклических видов спорта**

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности
пищи
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-09-2021-109

Аннотация

В работе представлены метаналитические аспекты активности КФК спортсменов различных видов спорта, проведенные в рамках модели «серого ящика» при планировании многофакторного пассивного эксперимента. Конечная модель плана пассивного эксперимента была представлена как 2х4х5х6, а ведущим методом анализа являлся – двухфакторный дисперсионный анализ. В качестве фиксируемых факторов были