



Белок растительного и животного происхождения в аспекте прироста мышечной массы и мышечной силы: систематический обзор

А.В. Мештель^{1,*}, П.Д. Рыбакова^{1,2}, А.Б. Мирошников¹, В.Д. Выборнов², А.Г. Антонов²,
Р.А. Ханферьян³, М.М. Коростелева^{3,4}

¹ФГБОУ ВО «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Москва, Россия

²ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки спортивных команд» Москомспорта, Москва, Россия

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

⁴ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность: Спорные подходы к изучению влияния белка различного происхождения на функциональные показатели скелетных мышц человека привели к ошибочному мнению, что белок растительного происхождения является меньшим стимулятором роста мышечной массы и мышечной силы, чем животный. В связи с этим целью данного систематического обзора являлась фактическая оценка влияния приема белка растительного и животного происхождения на мышечную массу и силу при помощи исследований, в которых сравниваются высокобелковые специализированные пищевые продукты для питания спортсменов (СПП).

Методы: Поиск литературы проводился в базах данных PubMed, Research Gate и базе данных Российской государственной библиотеки. Рассматривались исследования как на английском, так и на русском языках за последние 20 лет, с фильтром по дате: с июля 2002 по июль 2022 года. Критерии включения: здоровые мужчины и женщины старше 18 лет; прием высокобелковых СПП на основе белков растительного происхождения (соевые, пшеничные, гороховые, рисовые и т. д.); сравнение с группой, принимающей СПП на основе белков животного происхождения (сыровоточные, говяжьи, яичные и т. д.); в исследованиях оценивались тощая и/или мышечная масса, а также мышечная сила участников до и после приема добавок; рандомизированное контролируемое исследование.

Результаты: Было найдено 970 исследований. После первичного отбора по названию и аннотации было исключено 938 исследований. Из отобранных 32 публикаций было исключено 5 дубликатов, а после вторичного отбора исключено 18 исследований, не соответствующих критериям PICOS. В результате поиска и отбора в обзор вошло 9 публикаций.

Выводы: Спортсмены и активные люди, которые предпочитают употреблять белковые продукты растительного происхождения, могут не уступать в показателях мышечной силы и мышечной массы тем атлетам, которые выбирают белковые продукты животного происхождения. Для дальнейшего изучения данной темы необходимо проведение большего количества рандомизированных контролируемых исследований с учетом требований к стандартизации и с большим числом участников.

Регистрация: PROSPERO 2022 CRD42022345245

Ключевые слова: мышечная масса, мышечная сила, растительный белок, животный белок, белковые добавки

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов.

Для цитирования: Мештель А.В., Рыбакова П.Д., Мирошников А.Б., Выборнов В.Д., Антонов А.Г., Ханферьян Р.А., Коростелева М.М. Белок растительного и животного происхождения в аспекте прироста мышечной массы и мышечной силы: систематический обзор. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(4):77–86. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.6>

Поступила в редакцию: 2.11.2022

Принята к публикации: 13.01.2023

Online first: 16.01.2023

Опубликована: 01.02.2023

* Автор, ответственный за переписку

Plant and animal protein for muscle mass and strength gains: a systematic review

Alexander V. Meshtel^{1,*}, Polina D. Rybakova^{1,2}, Alexander B. Miroshnikov², Vasily D. Vybornov², Aleksey G. Antonov², Roman A. Khanferyan³, Margarita M. Korosteleva^{3,4}

¹Russian University of Sports (GTsOLIFK), Moscow, Russia

²Center for Sports Innovative Technologies and Training of Sports Teams of Moskomspor, Moscow, Russia

³Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

⁴Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

ABSTRACT

Background: Controversial approaches to studying the effect of proteins of various origins on the functional parameters of human skeletal muscles have led to the erroneous opinion that plant-based protein is a lesser stimulator of muscle mass growth and muscle strength than animal protein. Therefore, the purpose of this systematic review was to actually evaluate the effects of plant and animal protein intake on muscle mass and strength through studies comparing protein supplements.

Methods: Literature search was carried out in the databases PubMed, Research Gate and the database of the Russian State Library. Studies were considered both in English and in Russian, over the past 20 years, filtered by date: from July 2002 to July 2022. Inclusion Criteria: Participants are healthy men and women over 18 years of age; taking protein supplements from plant products (soy, wheat, pea, rice, etc.); comparison with a group taking protein supplements from animal products (whey, beef, egg, etc.); studies assessed lean and/or muscle mass and assessed participants' muscle strength before and after supplementation; randomized controlled trial.

Results: A total of 970 studies were found. After initial screening for title and abstract, 938 studies were excluded. Of the 32 publications selected, 5 duplicates were excluded, and after a secondary selection, 18 studies that did not meet the PICOS criteria were excluded. As a result of the search and selection, the review included 9 publications.

Conclusions: Athletes and active individuals who prefer to consume plant-based protein products may not be inferior in terms of muscle strength and muscle mass to those athletes who prefer animal-based protein products. To further explore this topic, more randomized controlled trials should be conducted, taking into account the requirements for standardization and with a large number of participants.

Registration: PROSPERO 2022 CRD42022345245

Keywords: muscle mass, muscle strength, vegetable protein, animal protein, protein supplements

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Meshtel A.V., Rybakova P.D., Miroshnikov A.B., Vybornov V.D., Antonov A.G., Khanferyan R.A., Korosteleva M.M. Plant and animal protein for muscle mass and strength gains: a systematic review. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(4):77–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.6>

Received: 2 November 2022

Accepted: 13 January 2023

Online first: 16 January 2023

Published: 1 February 2023

*Corresponding author

1. Актуальность

Увеличение мышечной массы и мышечной силы является естественной и неотъемлемой реакцией организма на силовую тренировку. Однако данная реакция невозможна без достаточного количества белка в рационе, что особенно актуально для спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни. Систематический обзор Morton и соавт. повествует о том, что прием 1,6 г/кг массы тела в сутки — оптимальное количество белка для прироста мышечной массы в условиях силовых тренировок [1]. Как утверждается во многих исследованиях, немалую роль в увеличении мышечной массы играет именно источник белка, подразумевая, что белок растительного происхождения имеет более

низкую биодоступность и меньшее содержание незаменимых аминокислот [2–9]. Данное заявление вызывает дискуссии в связи с тем, что исследования, сравнивающие содержание аминокислот, показывают, что во многих растительных продуктах количество аминокислот не уступает, а иногда и превосходит животные продукты [10–13].

Кроме этого, ситуацию усугубляет приравнивание понятий «белок» и «продукт, содержащий белок». Так, в вышедшем в 2021 году систематическом обзоре и метаанализе [14] авторы изучили влияние различных источников белка на мышечную массу и мышечную силу, сделав следующие выводы: «Животный белок, как правило, оказывает более благоприятное влияние

на мышечную массу по сравнению с растительным белком, и польза от него более выражена у молодых людей...» Однако в критерии отбора вошла работа, где авторы сравнивают молоко и соевый напиток [15], также было включено исследование, в котором сравнивали говядину с соей [16], курицу и говядину с соей [17], что является спорным подходом при изучении влияния белка, так как соя содержит вещества, которые способны снизить всасываемость и усвояемость аминокислот [18].

Вышеперечисленные нюансы делают тему сравнения источников белка и их влияния на адаптацию к силовым тренировкам достаточно противоречивой, вызывая постоянные споры и дискуссии. В связи с этим целью данного систематического обзора являлась фактическая оценка влияния приема белка растительного и животного происхождения на мышечную массу и силу при помощи исследований, в которых сравниваются высокобелковые СПП.

2. Методы исследования

Данный обзор был проведен в соответствии с методологией Кокрановского сотрудничества [19] и представлен в соответствии с обновленными руководящими принципами PRISMA [20], а также зарегистрирован в PROSPERO (Центр обзоров и распространения, Йоркский университет; <http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>). Регистрационный номер CRD42022345245.

Стратегии поиска. Поиск производился тремя экспертами независимо: П. Д. Рыбакова производила поиск в базе данных «PubMed», А. Б. Мирошников производил поиск в базе данных «Research Gate», А. В. Мештель — в базе данных Российской государственной библиотеки (РГБ).

Поиск производился по ключевым словам « (Plant protein OR Soy protein OR Rice protein OR Pea protein OR Wheat protein) AND (Animal protein OR Whey protein OR Egg protein OR Beef protein) AND (Muscle mass OR Muscle strength) ». Рассматривались исследования как на английском, так и на русском языках за последние 20 лет (фильтр по дате — с июля 2002 по июль 2022 года).

Критерии включения. Чтобы исследование вошло в обзор, оно должно было соответствовать следующим критериям включения, основанным на системе PICOS (population — участники, intervention — вмешательство, comparison — сравнение, outcomes — результаты, study — исследование) [21]:

- Р — участниками являются здоровые мужчины и женщины старше 18 лет;
- I — прием высокобелковых СПП на основе белков растительного происхождения (соевые, пшеничные, гороховые, рисовые и т. д.);
- С — сравнение с группой, принимающей высокобелковые СПП на основе белков животного происхождения (сыровоточные, говяжьи, яичные и т. д.);

- О — в исследованиях оценивалась тощая и/или мышечная масса, а также оценивалась мышечная сила участников до и после приема добавок;

- S — рандомизированное контролируемое исследование.

Если исследование соответствовало всем критериям PICOS, то оно было включено в систематический обзор. Если у авторов, осуществляющих поиск и отбор исследований, возникали разногласия из-за включения/исключения работы в обзор, независимое решение принимал В. Д. Выборнов.

Оценка риска предвзятости (систематической ошибки). Оценка риска предвзятости производилась независимо авторами А. В. Мештель и П. Д. Рыбаковой при помощи Кокрановского инструмента оценки риска систематической ошибки «Risk of Bias 2» (RoB2, 2019) [22–23]. В случае разногласий по поводу оценки какого-либо исследования третий автор, А. Б. Мирошников, повторно производил оценку, на основании которой принималось решение.

3. Результаты

Всего в трех базах данных было найдено 970 исследований. После первичного отбора по названию и аннотации нами было исключено 938 исследований. Из отобранных 32 публикаций было исключено 5 дубликатов, а после вторичного отбора мы исключили 18 исследований, не соответствующих критериям PICOS. В результате поиска и отбора в обзор вошло 9 публикаций. На рисунке 1 изображена блок-схема, описывающая процесс отбора публикаций для систематического обзора.

В результате проведенной нами оценки риска предвзятости 2 исследования [24–25] были оценены как имеющие «высокий» уровень риска систематической ошибки, 4 исследования [26–29] имели «умеренный» риск систематической ошибки, и 3 работы [30–32] имели «низкий» риск предвзятости. Результаты оценки риска систематической ошибки представлены на рисунке 2.

В таблице 1 представлены исследования, вошедшие в систематический обзор.

4. Обсуждение результатов

Причины отказа от высокобелковых СПП животного происхождения могут являться следствием как каких-либо личных убеждений, так и проблем, связанных с их составом (непереносимость лактозы, аллергия на компоненты добавки и т. д.). Однако, согласно популярному мнению среди фитнес-контингента, высокобелковые СПП на основе растительных белков, как и традиционный белок растительного происхождения в целом, считаются более слабым продуктом для стимула мышечного роста и силовых показателей. Многие предыдущие исследования, оценивая влияния источника белка на эти показатели, подтвердили это мнение. Цель данного систематического обзора состояла в том, чтобы сравнить влияние белковых СПП как животного, так

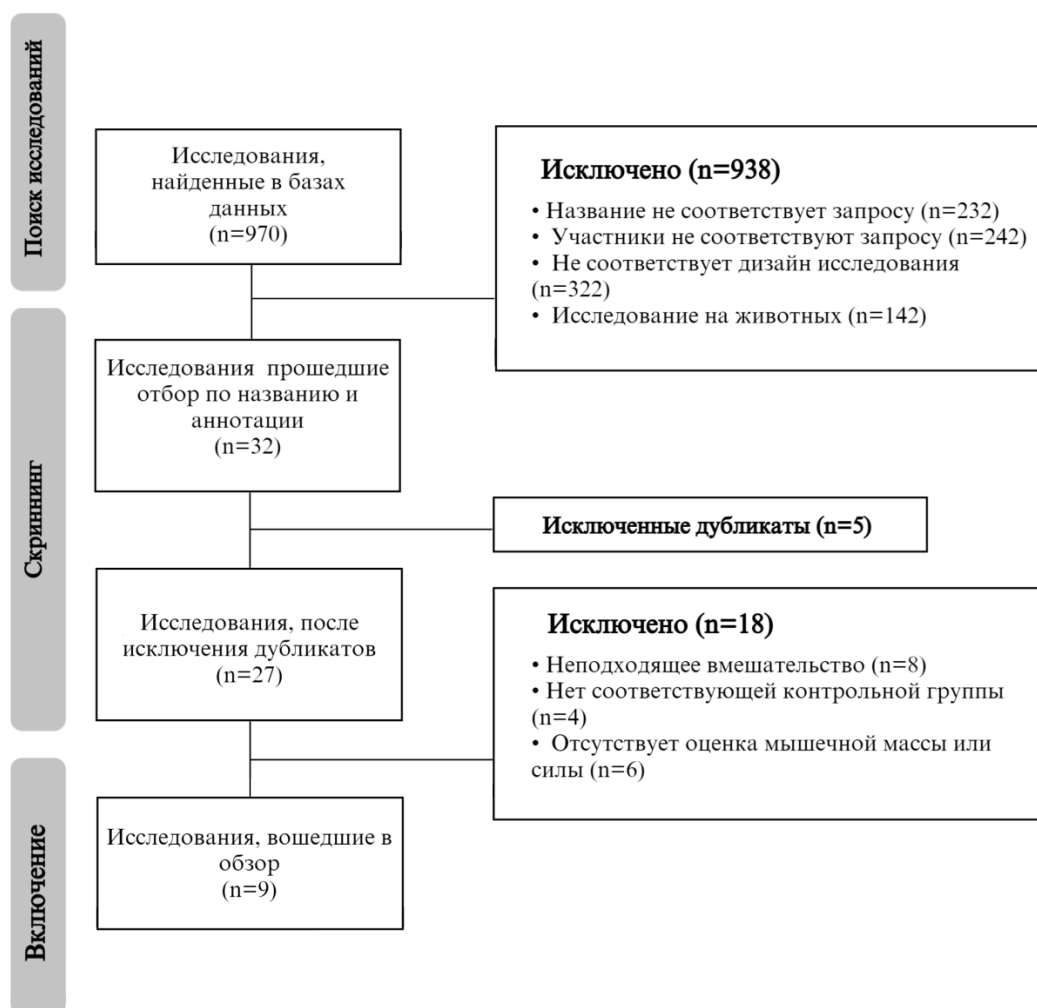


Рис. 1. Процесс поиска и отбора исследований
Fig. 1. Search and selection process

Автор, год	Домены					
	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Общий
Babault, 2015	!	!	+	+	!	!
Banaszek, 2019	+	-	+	!	+	-
Brown, 2004	+	+	+	+	+	+
Candow, 2006	+	+	!	+	!	!
Denysschen, 2009	!	!	!	-	!	-
Li, 2021	+	+	+	+	+	+
Lynch, 2020	+	+	+	+	+	+
Mobley, 2017	+	+	!	!	+	!
Moon, 2017	+	!	+	+	!	!

+ Низкий риск
 ! Умеренный риск
 - Высокий риск

Рис. 2. Результаты оценки риска систематической ошибки
Fig. 2. Results of risk assessment of bias

Домены:

- Д1 - Риск систематической ошибки, связанный с процессом рандомизации
- Д2 - Риск систематической ошибки из-за отклонений от намеченных вмешательств
- Д3 - Риск систематической ошибки из-за отсутствия данных о результатах
- Д4 - Риск систематической ошибки, возникшей при получении результата
- Д5 - Риск систематической ошибки из-за выбора сообщаемого результата

Таблица 1

Описание исследований, вошедших в систематический обзор

Table 1

Description of studies included in the systematic review

Ссылка	Участники	Группы	Результат
Babault, 2015	Здоровые мужчины, 18–35 лет ($n = 161$)	ГОР ($n = 53$), СЫВ ($n = 54$) и ПЛА ($n = 54$)	Обе добавки способствовали увеличению СММ и мышечной силы в сравнении с ПЛА. Между группами, принимавшими ГОР и СЫВ, различий не наблюдалось
Banaszek, 2019	Тренированные мужчины 38 ± 12 лет ($n = 8$) и женщины 38 ± 10 лет ($n = 7$)	СЫВ ($n = 8$) и ГОР ($n = 7$)	Были получены схожие результаты между группами в увеличении СММ и мышечной силы
Brown, 2004	Тренированные мужчины 19–25 лет (27)	СЫВ ($n = 9$), СОЯ ($n = 9$), КОНТР ($n = 9$)	Как в группе СОЯ, так и в группе СЫВ наблюдался прирост СММ, но в группе КОНТР, где использовались только тренировки, роста СММ не наблюдалось
Candow, 2006	Здоровые мужчины ($n = 9$) и женщины ($n = 18$) в возрасте от 18 до 35 лет	СОЯ ($n = 9$), СЫВ ($n = 9$), ПЛА ($n = 9$)	Белковые добавки во время силовых тренировок, независимо от источника белка, одинаково увеличивали СММ и мышечную силу по сравнению с изокалорийным ПЛА и силовыми тренировками
DeNysschen, 2009	Здоровые мужчины 21–50 лет ($n = 28$)	СОЯ ($n = 9$), СЫВ ($n = 10$), КОНТР ($n = 9$)	Прирост СММ и мышечной силы отмечен во всех группах, без различий между ними
Li, 2021	Здоровые пожилые (65–79 лет), 62 женщины и 61 мужчина ($n = 123$)	СОЯ ($n = 31$), СЫВ ($n = 31$), СОЯ+СЫВ ($n = 31$), КОНТР ($n = 30$)	Не наблюдалось различий между группами СОЯ, СЫВ, СОЯ + СЫВ
Lynch, 2020	Здоровые мужчины ($n = 19$) и женщины ($n = 42$), 18–35 лет	СЫВ ($n = 31$), СОЯ ($n = 30$)	Как СЫВ, так и СОЯ показали значительный прирост СММ и мышечной силы без различий между группами
Mobley, 2017	Здоровые мужчины ($n = 75$), возраст 21 ± 1 год	ПЛА ($n = 15$), СЫВ ($n = 17$), ГСЫВ ($n = 14$), ЛЕЙ ($n = 14$), СОЯ ($n = 15$)	Ни добавки ЛЕЙ, ни другие протеиновые добавки не дали преимуществ в сравнении с ПЛА
Moon, 2017	Здоровые тренированные мужчины 32 ± 6 лет ($n = 24$)	РИС ($n = 12$), СЫВ ($n = 12$)	Нет различий в приросте мышечной силы и СММ между группами при приеме 24 г добавок

Примечание: ГОР — гороховый протеин, ГСЫВ — гидролизат сывороточного протеина, КОНТР — контрольная группа, ЛЕЙ — лейцин, ПЛА — плацебо, РИС — рисовый протеин, СММ — скелетно-мышечная масса, СОЯ — соевый протеин, СЫВ — концентрат сывороточного протеина.

Note: ГОР — pea protein, ГСЫВ — whey protein hydrolyzate, КОНТР — control group, ЛЕЙ — leucin, ПЛА — placebo, РИС — rice protein, СММ — skeletal muscle mass, СОЯ — soy protein, СЫВ — concentrate whey protein.

и растительного происхождения на мышечную массу и силу.

В исследовании, которое проводили Babault и соавт., использовались СПП на основе белков гороха и молочной сыворотки, которые сравнивались с плацебо. Участникам давали 45 г порошка, который содержал 25 г белка (в случае с плацебо количество белка не превышало 2 г в порции) в сочетании с тренировками 3 раза в неделю. Было отмечено, что во всех группах, кроме плацебо, мышечная масса и сила увеличились без различий между группами [26]. В другом исследовании, авторами которого являлись Banaszek и соавт., были получены схожие выводы, а испытуемым давали ~ 25 г сывороточного или горохового белка в сочетании с 9 неделями высокоинтенсивных тренировок [24]. Похожее исследование было проведено в 2020 году Moon и соавт., где сравнивался прием

рисового и соевого протеина, в результате чего авторы не наблюдали различий между группами [29].

Brown и соавт. в своем исследовании 2004 года использовали высокобелковые батончики, содержащие 11 г соевого или сывороточного белка (3 раза в сутки), но приготовленные по одному рецепту, в эксперименте также участвовала контрольная группа, которая не принимала высокобелковые СПП. Авторы сделали вывод, что и соевый, и сывороточный белок приводил к увеличению мышечной силы и массы (в контрольной группе прирост не наблюдался), однако дополнительным преимуществом было увеличение антиоксидантного статуса плазмы крови [30].

В исследовании Candow и соавт. [27] был использован другой подход к протоколу приема СПП. Авторы использовали 1,2 г добавки соевого и сывороточного протеина

(или мальтодекстрина для плацебо-группы) на 1 кг массы тела в сочетании с тремя тренировками в неделю. Результаты соответствовали трем предыдущим исследованиям, прирост был больше, чем в группе плацебо, однако не различался между экспериментальными группами.

Работа DeNysschen и соавт. хоть и подтвердила предыдущие результаты, в которых говорится об отсутствии различий между группами сыворотки и сои; в этом исследовании авторы не обнаружили различий между экспериментальными группами и группой плацебо, что говорит об отсутствии необходимости в дополнительном приеме высокобелковых СПП на фоне сбалансированного рациона питания с достаточным содержанием белка. Авторы заключили: «Все 3 группы продемонстрировали значительное увеличение силы в среднем на 47 % во всех основных группах мышц и значительное увеличение безжировой массы (2,6 %), без каких-либо различий между группами» [25].

Результаты исследования Li и соавт. [31] совпадают с результатами большинства исследований, вошедших в данный обзор, за исключением добавления группы, принимающей СПП комбинированного состава, содержащие как соевый, так и сывороточный протеин, однако в данной работе также не было различий между тремя экспериментальными группами. Участники данного исследования принимали 10 г порошка, содержащего ~8,5 г белка (кроме контрольной группы).

Lynch и соавт. в исследовании 2020 года подошли к данному вопросу с точки зрения «порога лейцина» — подхода, который подразумевает, что для роста мышечной массы необходимо ~2 г лейцина [32]. Так, они использовали 19 г изолята сывороточного белка и 26 г изолята соевого белка, что в сумме давало 2 г лейцина в каждой группе. В совокупности с тренировками авторы в результате получили прирост в обеих группах без различий между ними.

Исследование Mobley и соавт. 2017 года имело более сложный дизайн, который включал в себя несколько исследуемых исходов [28]. Однако результаты оценки белковых добавок и лейцина не имели преимуществ перед плацебо. Во всех группах результат был достоверно значим, однако различий между ними в итоге не было. Но авторами было отмечено, что добавки сывороточного протеина увеличивают количество клеток-сателлитов в мышцах, что также требует дальнейшего изучения.

Вклад авторов:

Мештель Александр Виталиевич, Рыбакова Полина Денисовна — анализ литературных данных, написание статьи.

Антонов Алексей Геннадиевич, Мирошников Александр Борисович, Выборнов Василий Дмитриевич — написание текста статьи, утверждение финальной версии статьи.

Ханферьян Роман Авакович, Коростелева Маргарита Михайловна — написание текста статьи, редактирование.

5. Ограничения и сильные стороны

Главным ограничением систематического обзора является малое число исследований с низким риском предвзятости. Из 9 исследований всего 3 оценены как имеющие низкий риск предвзятости, что может сказываться на общих выводах данного исследования. Также ограничением является неясность того, какое место имели высокобелковые СПП в рационе участников: были эти добавки учтены при расчете общей потребности в белке либо принимались сверх нормы физиологической потребности. Проблема также в том, что рацион не был стандартизирован в большинстве исследований. В одном исследовании авторы заявили, что рацион никак не контролировался на протяжении всего исследования [26], в некоторых исследованиях авторы оставили привычные рационы, дополнив это контролем дневника питания [24, 27, 28, 32]. Только в трех исследованиях авторы заявили, что рацион был стандартизирован, и белковые СПП были включены в общее количество потребляемого белка [25, 29, 31].

Сильной стороной данного систематического обзора является изучение влияния источника белка не в форме продукта (соя, мяса, молока), а практически в чистом виде, когда другие пищевые вещества, которые могут ухудшить его всасываемость и усвояемость, были исключены.

6. Заключение

Результаты данного систематического обзора свидетельствуют о том, что не имеет значения источник белка, когда целью является наращивание мышечной массы и мышечной силы. Поэтому спортсмены и активные люди, которые по каким-либо причинам предпочитают употреблять белковые продукты растительного происхождения, могут не уступать в показателях мышечной силы и мышечной массы тем атлетам, которые предпочитают белковые продукты животного происхождения. Данный обзор позволяет оценить рациональность разделения высокобелковых СПП на растительные и животные по влиянию на результаты адаптации к силовым тренировкам.

Для дальнейшего изучения данной темы необходимо проведение большего количества рандомизированных контролируемых исследований с учетом требований к стандартизации и с большим числом участников.

Authors' contribution:

Alexander V. Meshtel, Polina D. Rybakova — analysis of literature data, writing an article.

Alexey G. Antonov, Alexander B. Miroshnikov, Vasily D. Vybornov — writing the text of the article, approval of the final version of the article.

Roman A. Khanferyan, Margarita M. Korosteleva — writing the text of the article, editing.

Литература

1. Morton R.W., Murphy K.T., McKellar S.R., Schoenfeld B.J., Henselmans M., Helms E., et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(6):376–384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
2. Elango R., Levesque C., Ball R.O., Pencharz P.B. Available versus digestible amino acids — new stable isotope methods. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S306–314. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002498>
3. Sarwar Gilani G., Wu Xiao C., Cockell K.A. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S315–332. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002371>
4. Hollmann M., Allen M.S., Beede D.K. Dietary protein quality and quantity affect lactational responses to corn distillers grains: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 2011;94(4):2022–2030. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3712>
5. Tome D. Criteria and markers for protein quality assessment — a review. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S222–229. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002565>
6. Loenneke J.P., Wilson J.M., Manninen A.H., Wray M.E., Barnes J.T., Pujol T.J. Quality protein intake is inversely related with abdominal fat. *Nutr. Metab. (Lond.)* 2012;9(1):5. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-5>
7. Phillips S.M., Chevalier S., Leidy H.J. Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(5):565–572. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550>
8. Iizuka K. Protein Amount, Quality, and Physical Activity. *Nutrients.* 2021;13(11):3720. <https://doi.org/10.3390/nu13113720>
9. Coelho-Junior H.J., Marzetti E., Picca A., Cesari M., Uchida M.C., Calvani R. Protein Intake and Frailty: A Matter of Quantity, Quality, and Timing. *Nutrients.* 2020;12(10):2915. <https://doi.org/10.3390/nu12102915>
10. van Vliet S., Burd N.A., van Loon L.J. The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *J. Nutr.* 2015;145(9):1981–1991. <https://doi.org/10.3945/jn.114.204305>
11. Gardner C.D., Hartle J.C., Garrett R.D., Offringa L.C., Wasserman A.S. Maximizing the intersection of human health and the health of the environment with regard to the amount and type of protein produced and consumed in the United States. *Nutr. Rev.* 2019;77(4):197–215. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy073>
12. Schmidt J.A., Rinaldi S., Scalbert A., et al. Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2016;70(3):306–312. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.144>
13. Rand W.M., Pellett P.L., Young V.R. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003;77(1):109–227. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.1.109>
14. Lim M.T., Pan B.J., Toh D.W.K., Sutanto C.N., Kim J.E. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients.* 2021;13(2):661. <https://doi.org/10.3390/nu13020661>

References

1. Morton R.W., Murphy K.T., McKellar S.R., Schoenfeld B.J., Henselmans M., Helms E., et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(6):376–384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
2. Elango R., Levesque C., Ball R.O., Pencharz P.B. Available versus digestible amino acids — new stable isotope methods. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S306–314. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002498>
3. Sarwar Gilani G., Wu Xiao C., Cockell K.A. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S315–332. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002371>
4. Hollmann M., Allen M.S., Beede D.K. Dietary protein quality and quantity affect lactational responses to corn distillers grains: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 2011;94(4):2022–2030. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3712>
5. Tome D. Criteria and markers for protein quality assessment — a review. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):S222–229. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002565>
6. Loenneke J.P., Wilson J.M., Manninen A.H., Wray M.E., Barnes J.T., Pujol T.J. Quality protein intake is inversely related with abdominal fat. *Nutr. Metab. (Lond.)* 2012;9(1):5. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-5>
7. Phillips S.M., Chevalier S., Leidy H.J. Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(5):565–572. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550>
8. Iizuka K. Protein Amount, Quality, and Physical Activity. *Nutrients.* 2021;13(11):3720. <https://doi.org/10.3390/nu13113720>
9. Coelho-Junior H.J., Marzetti E., Picca A., Cesari M., Uchida M.C., Calvani R. Protein Intake and Frailty: A Matter of Quantity, Quality, and Timing. *Nutrients.* 2020;12(10):2915. <https://doi.org/10.3390/nu12102915>
10. van Vliet S., Burd N.A., van Loon L.J. The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *J. Nutr.* 2015;145(9):1981–1991. <https://doi.org/10.3945/jn.114.204305>
11. Gardner C.D., Hartle J.C., Garrett R.D., Offringa L.C., Wasserman A.S. Maximizing the intersection of human health and the health of the environment with regard to the amount and type of protein produced and consumed in the United States. *Nutr. Rev.* 2019;77(4):197–215. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy073>
12. Schmidt J.A., Rinaldi S., Scalbert A., et al. Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2016;70(3):306–312. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.144>
13. Rand W.M., Pellett P.L., Young V.R. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003;77(1):109–227. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.1.109>
14. Lim M.T., Pan B.J., Toh D.W.K., Sutanto C.N., Kim J.E. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients.* 2021;13(2):661. <https://doi.org/10.3390/nu13020661>

15. Hartman J.W., Tang J.E., Wilkinson S.B., Tarnopolsky M.A., Lawrence R.L., Fullerton A.V., Phillips S.M. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007;86(2):373–381. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>

16. Haub M.D., Wells A.M., Tarnopolsky M.A., Campbell W.W. Effect of protein source on resistive-training-induced changes in body composition and muscle size in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2002;76(3):511–517. [10.1093/ajcn/76.3.511](https://doi.org/10.1093/ajcn/76.3.511)

17. Neacsu M., Fyfe C., Horgan G., Johnstone A.M. Appetite control and biomarkers of satiety with vegetarian (soy) and meat-based high-protein diets for weight loss in obese men: a randomized crossover trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014;100(2):548–558. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.077503>

18. Moughan P.J., Wolfe R.R. Determination of Dietary Amino Acid Digestibility in Humans. *J. Nutr.* 2019;149(12):2101–2109. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz211>

19. Cumpston M., Li T., Page M.J., Chandler J., Welch V.A., Higgins J.Pt., Thomas J. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2019;10:ED000142. <https://doi.org/10.1002/14651858.ED000142>

20. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic review. *J. Clin. Epidemiol.* 2021;134:178–189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>

21. Amir-Behghadami M., Janati A. Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) design as a framework to formulate eligibility criteria in systematic reviews. *Emerg. Med. J.* 2020;37(6):387. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2020-209567>

22. Sterne J.A.C., Savović J., Page M.J., Elbers R.G., Blencowe N.S., Boutron I., et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Br. Med. J.* 2019;366:14898. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>

23. Barcot O., Ivanda M., Buljan I., Pieper D., Puljak L. Enhanced access to recommendations from the Cochrane Handbook for improving authors' judgments about risk of bias: A randomized controlled trial. *Res.Synth. Methods.* 2021;12(5):618–629. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1499>

24. Banaszek A., Townsend J.R., Bender D., Vantrease W.C., Marshall A.C., Johnson K.D. The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. *Sports (Basel).* 2019;7(1):12. <https://doi.org/10.3390/sports7010012>

25. Denysschen C.A., Burton H.W., Horvath P.J., Leddy J.J., Browne R.W. Resistance training with soy vs whey protein supplements in hyperlipidemic males. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2009;11:6–8. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-6-8>

26. Babault N., Paizis C., Deley G., Guérin-Deremaux L., Sanniez M.-H., Lefranc-Millot C., Allaert F.A. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2015;12(1):3. <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0064-5>

27. Candow D.G., Burke N.C., Smith-Palmer T., Burke D.G. Effect of whey and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *Inter. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2006;16(3):233–244. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.16.3.233>

28. Mobley C.B., Haun C.T., Roberson P.A., Mumford P.W., Romero M.A., Kephart W.C. Effects of Whey, Soy or Leucine Supplementation with 12 Weeks of Resistance Training on Strength,

15. Hartman J.W., Tang J.E., Wilkinson S.B., Tarnopolsky M.A., Lawrence R.L., Fullerton A.V., Phillips S.M. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007;86(2):373–381. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>

16. Haub M.D., Wells A.M., Tarnopolsky M.A., Campbell W.W. Effect of protein source on resistive-training-induced changes in body composition and muscle size in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2002;76(3):511–517. [10.1093/ajcn/76.3.511](https://doi.org/10.1093/ajcn/76.3.511)

17. Neacsu M., Fyfe C., Horgan G., Johnstone A.M. Appetite control and biomarkers of satiety with vegetarian (soy) and meat-based high-protein diets for weight loss in obese men: a randomized crossover trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014;100(2):548–558. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.077503>

18. Moughan P.J., Wolfe R.R. Determination of Dietary Amino Acid Digestibility in Humans. *J. Nutr.* 2019;149(12):2101–2109. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz211>

19. Cumpston M., Li T., Page M.J., Chandler J., Welch V.A., Higgins J.Pt., Thomas J. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2019;10:ED000142. <https://doi.org/10.1002/14651858.ED000142>

20. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic review. *J. Clin. Epidemiol.* 2021;134:178–189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>

21. Amir-Behghadami M., Janati A. Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) design as a framework to formulate eligibility criteria in systematic reviews. *Emerg. Med. J.* 2020;37(6):387. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2020-209567>

22. Sterne J.A.C., Savović J., Page M.J., Elbers R.G., Blencowe N.S., Boutron I., et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Br. Med. J.* 2019;366:14898. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>

23. Barcot O., Ivanda M., Buljan I., Pieper D., Puljak L. Enhanced access to recommendations from the Cochrane Handbook for improving authors' judgments about risk of bias: A randomized controlled trial. *Res.Synth. Methods.* 2021;12(5):618–629. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1499>

24. Banaszek A., Townsend J.R., Bender D., Vantrease W.C., Marshall A.C., Johnson K.D. The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. *Sports (Basel).* 2019;7(1):12. <https://doi.org/10.3390/sports7010012>

25. Denysschen C.A., Burton H.W., Horvath P.J., Leddy J.J., Browne R.W. Resistance training with soy vs whey protein supplements in hyperlipidemic males. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2009;11:6–8. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-6-8>

26. Babault N., Paizis C., Deley G., Guérin-Deremaux L., Sanniez M.-H., Lefranc-Millot C., Allaert F.A. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2015;12(1):3. <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0064-5>

27. Candow D.G., Burke N.C., Smith-Palmer T., Burke D.G. Effect of whey and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *Inter. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2006;16(3):233–244. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.16.3.233>

28. Mobley C.B., Haun C.T., Roberson P.A., Mumford P.W., Romero M.A., Kephart W.C. Effects of Whey, Soy or Leucine Supplementation with 12 Weeks of Resistance Training on Strength,

Body Composition, and Skeletal Muscle and Adipose Tissue Histological Attributes in College-Aged Males. *Nutrients*. 2017;9(9):972. <https://doi.org/10.3390/nu9090972>

29. Moon J.M., Ratliff K.M., Blumkaitis J.C., Harty P.S., Zabriskie H.A., Stecker R.A., et al. Effects of daily 24-gram doses of rice or whey protein on resistance training adaptations in trained males. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2020;17(1):60. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00394-1>

30. Brown E.C., DiSilvestro R.A., Babaknia A., Devor S.T. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status. *Nutr. J.* 2004;8:3–22. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-22>

31. Li C., Meng H., Wu S., Fang A., Liao G., Tan X., et al. Daily Supplementation With Whey, Soy, or Whey-Soy Blended Protein for 6 Months Maintained Lean Muscle Mass and Physical Performance in Older Adults With Low Lean Mass. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2021;121(6):1035–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.01.006>

32. Lynch H.M., Buman M.P., Dickinson J.M., Ransdell L.B., Johnston C.S., Wharton C.M. No Significant Differences in Muscle Growth and Strength Development When Consuming Soy and Whey Protein Supplements Matched for Leucine Following a 12 Week Resistance Training Program in Men and Women: A Randomized Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(11):3871. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113871>

Body Composition, and Skeletal Muscle and Adipose Tissue Histological Attributes in College-Aged Males. *Nutrients*. 2017;9(9):972. <https://doi.org/10.3390/nu9090972>

29. Moon J.M., Ratliff K.M., Blumkaitis J.C., Harty P.S., Zabriskie H.A., Stecker R.A., et al. Effects of daily 24-gram doses of rice or whey protein on resistance training adaptations in trained males. *J. Inter. Soc. Sports Nutr.* 2020;17(1):60. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00394-1>

30. Brown E.C., DiSilvestro R.A., Babaknia A., Devor S.T. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status. *Nutr. J.* 2004;8:3–22. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-22>

31. Li C., Meng H., Wu S., Fang A., Liao G., Tan X., et al. Daily Supplementation With Whey, Soy, or Whey-Soy Blended Protein for 6 Months Maintained Lean Muscle Mass and Physical Performance in Older Adults With Low Lean Mass. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2021;121(6):1035–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.01.006>

32. Lynch H.M., Buman M.P., Dickinson J.M., Ransdell L.B., Johnston C.S., Wharton C.M. No Significant Differences in Muscle Growth and Strength Development When Consuming Soy and Whey Protein Supplements Matched for Leucine Following a 12 Week Resistance Training Program in Men and Women: A Randomized Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(11):3871. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113871>

Информация об авторах:

Мештель Александр Виталиевич*, магистрант кафедры спортивной медицины, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4982-5615> (meshtel.author@yandex.ru; тел.: +7 (495) 961-31-11)

Рыбакова Полина Денисовна, магистрант кафедры спортивной медицины, специалист по комплексному научно-методическому сопровождению спортсменов, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518> (e-mail: rybakova.poly@yandex.ru; тел.: +7 (495) 961-31-11)

Мирошников Александр Борисович, к.б.н., доцент кафедры спортивной медицины, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0302> (benedikt116@mail.ru; тел.: +7 (495) 961-31-11)

Выборнов Василий Дмитриевич, к.б.н., заместитель директора по медико-биологическому и научно-методическому сопровождению ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки спортивных команд» Москомспорта, Россия, Москва, ул. Советской Армии, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9522-8328> (v.vybornov84@gmail.com; тел.: 7 (495) 788-11-11)

Антонов Алексей Геннадиевич, специалист по комплексному научно-методическому сопровождению спортсменов, ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки спортивных команд» Москомспорта, Россия, Москва, ул. Советской Армии, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-4485> (v.vybornov84@gmail.com.; тел.: 7 (495) 788-11-11)

Ханферьян Роман Авакович, профессор кафедры иммунологии и аллергологии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000000311787534>

Коростелева Маргарита Михайловна, к.м.н., вр. и. о. с.н.с. лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Россия, 109240, Москва, Устьинский пр., 2/14, стр. 1; доцент кафедры управления сестринской деятельностью ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (korostel@bk.ru)

Information about the authors:

Alexander V. Meshtel*, undergraduate of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports (GTSOLIFK), 4 Sirenevy boulevard, Moscow, 105122, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4982-5615> (meshtel.author@yandex.ru; tel.: +7 (495) 961-31-11)

Polina D. Rybakova, undergraduate of the Department of Sports Medicine, specialist in complex scientific and methodological support for athletes, Russian University of Sports (GTSOLIFK), 4 Sirenevy boulevard, Moscow, 105122, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518> (rybakova.poly@yandex.ru; tel.: +7 (495) 961-31-11)

Alexander B. Miroshnikov, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports (GTSOLIFK), 4 Sirenevy Boulevard, Moscow, 105122, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0302> (benedikt116@mail.ru; tel.: +7 (495) 961-31-11)

Vasily D. Vybornov, Ph.D. (Biology), Deputy Director for Biomedical and Scientific and Methodological Support, Center for Sports Innovative Technologies and Training of Sports Teams Moskom sport, 6 str. Soviet Army, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9522-8328> (v.vybornov84@gmail.com; tel.: 7 (495) 788-11-11)

Aleksey G. Antonov, specialist in complex scientific and methodological support for athletes, Center for Sports Innovative Technologies and Training of Sports Teams Moskomspor, 6 str. Soviet Army, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-4485> (v.vybornov84@gmail.com; tel.: 7 (495) 788-11-11)

Roman A. Khanferyan, Professor of the Department of Immunology and Allergology, Peoples' Friendship University of Russia, 6 str. Miklukho-Maclay, Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534>

Margarita M. Korosteleva, Ph.D. (Medicine), Acting senior researcher laboratories of sports anthropology and nutrition, FIC Nutrition and Biotechnology, 2/14c1 Ustyinsky pr., Moscow, 109240, Russia; Peoples' Friendship University of Russia, 6 str. Miklukho-Maclay, Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (korostel@bk.ru)