



ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УРАВНЕНИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СКОРОСТИ МЕТАБОЛИЗМА В ПОКОЕ У СПОРТСМЕНОВ: ЗОНТИЧНЫЙ ОБЗОР СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЗОРОВ И МЕТА-АНАЛИЗОВ

А.Б. МИРОШНИКОВ*, П.Д. РЫБАКОВА**, А.В. МЕШТЕЛЬ*, А.В. СМОЛЕНСКИЙ*

* ФГБОУ ВО «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»,
Сиреневый бул., д.4, стр. 1, Москва, 105122 Россия

** ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, ул. Советской Армии, д. 6, Москва, 129272, Россия

Аннотация. В практике спортивной медицины скорость метаболизма в состоянии покоя зачастую определяется с помощью прогностических уравнений. Учитывая вклад скорости метаболизма в состоянии покоя в оценку общих суточных энергозатрат, актуальным становится поиск таких прогностических уравнений, которые бы наиболее точно отражали скорость метаболизма в состоянии покоя у спортсменов. **Цель исследования** – провести систематический поиск и обобщение систематических обзоров и мета-анализов на предмет сравнения расчетной скорости метаболизма в состоянии покоя с измеренной у спортсменов. **Материалы и методы исследования** – систематический поиск публикаций, датированных с января 2003 года по сентябрь 2023 года, в *PubMed*, *Cochrane Library*, *Epistemonikos*, *MedNar*, *ResearchGate*, *eLibrary* и Российской Государственной Библиотеке. Оценка методологического качества включенных статей проводилась с использованием инструмента оценки методологического качества систематических обзоров (*AMSTAR-2*). **Результат и их обсуждение** – общее методологическое качество двух включенных обзоров, полученных с помощью *AMSTAR-2*, выявило очень низкий рейтинг достоверности (чрезвычайно низкая достоверность, $n=2$) для результатов систематических обзоров и мета-анализов. **Выводы** – уравнения *De Lorenzo* (1999) и *Ten Haaf* (2014) являются наиболее подходящими для прогнозирования скорости метаболизма в состоянии покоя у взрослых спортсменов, также, возможно применение уравнений *Cunningham* (1980), *Harris-Benedict* (1918), *Watson* (2019), *MacKenzie* (2019) *O'Neill* (2022), *Marra* (2021) и *Wong* (2012) при условии, что исходная исследуемая популяция обладает с потенциальным спортсменом сходными характеристиками (морфофункциональные характеристики, пол, вид спорта, квалификация спортсмена).

Ключевые слова: скорость метаболизма в покое, уравнения прогнозирования, спортсмены.

ACCURACY ASSESSMENT OF PREDICTIVE EQUATIONS FOR METABOLIC RATE AT REST IN ATHLETES: UMBRELLA REVIEW OF SYSTEMATIC REVIEWS AND META ANALYSES

A.B. MIROSHNIKOV*, P.D. RYBAKOVA**, A.V. MESHTEL*, A.V. SMOLENSKY*

* Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Sport «SCOLIPE», 4 bld 1 Sirenevy boulev., Moscow, 105122 Russia

** Federal State Institution «Center of Sport Innovation Technologies and National Teams Preparation» of the Department of Sport in Moscow, 6 Sovietskoy Armii str., Moscow, 129272, Russia

Abstract. In the sports medicine practice, metabolic rate in rest is often determined using predictive equations. Considering the contribution of metabolic rate in rest to the evaluation of total daily energy expenditure, it is becoming relevant to find predictive equations which would accurately reflect the metabolic rate in rest in athletes. **Purpose of the research** was to conduct the systematic search and generalization of systematic reviews and meta-analyses to compare the designed metabolic rate in rest with the one measured in the athletes. **Materials and methods of research** was to search the issues in *PubMed*, *Cochrane Library*, *Epistemonikos*, *MedNar*, *ResearchGate*, *eLibrary* dated from January 2003 to September 2023 in the Russian State Library. Methodological quality assessment of the included articles was conducted using the methodological quality assessment tool for systematic reviews (*AMSTAR-2*). **Results and their discussion.** General methodological quality assessment of the two included reviews obtained using *AMSTAR-2* revealed a very low credibility (extremely low credibility, $n=2$) of the systematic review and meta-analyses results. **Conclusions.** *De Lorenzo* (1999) and *Ten Haaf* (2014) equations are the most suitable for predicting the metabolic rate in rest in adult athletes. Usage of *Cunningham* (1980), *Harris-Benedict* (1918), *Watson* (2019), *MacKenzie* (2019) *O'Neill* (2022), *Marra* (2021) и *Wong* (2012) equations is also possible provided that the initially examined population is similar to a potential athlete in the context of morphofunctional characteristics, gender, kind of sport and the sport qualification.

Key words: metabolic rate in rest, predictive equations, athletes.

Введение. Точное определение *общих суточных энергозатрат (Total energy expenditure (TEE))* имеет большое значение для спортивных результатов и здоровья спортсмена. Понимание необходимого уровня *TEE* является основополагающим для расчета оптимального энергопотребления у спортсменов. *Скорость метаболизма в покое (Resting metabolic rate (RMR))* является одним из компонентов *TEE*, и определяется как энергия, необходимая для поддержания жизненно важных функций организма, таких как метаболизм энергетических субстратов, дыхание, температура тела и частота сердечных сокращений в состоянии покоя [10]. Метод непрямой калориметрии часто называют «золотым стандартом» измерения *RMR*, однако, данный метод требует значительных временных и финансовых затрат, а также специально обученного персонала. Для преодоления этой проблемы в качестве альтернативного метода часто используются уравнения прогнозирования *RMR*. Многочисленные исследования оценивали точность различных уравнений прогнозирования *RMR* в различных популяциях спортсменов [1, 7, 25] и различных видах спорта: скалолазание [6], карате [13], гребля [5] и др. Однако результаты этих исследований показали значительную вариабельность между когортами. В связи с этим становится актуальным поиск таких уравнений прогнозирования, которые наиболее точно будут отражать *RMR* спортсмена.

На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов спортивных врачей, врачей-диетологов, нутрициологов и специалистов по лечебной физической культуре была сформулирована цель исследования.

Цель исследования. Провести систематический поиск и обобщение систематических обзоров и мета-анализов на предмет сравнения расчетного *RMR* с измеренным *RMR* у спортсменов.

Материал и методы исследования. Протокол. Исследование проводилось на кафедре спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва. Исследование было проведено в соответствии с *заявлением о предпочтительных отчетных показателях для систематических обзоров и мета-анализов (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA))* [9] и *руководством по отчетности систематических обзоров (Preferred Reporting Items for Overviews of Reviews (PRIOR))* [20]. Протокол исследования был составлен до начала поиска и не менялся ни во время, ни после его окончания. Протокол исследования был зарегистрирован в международной базе *OSF*: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/3TSM6>. До начала поиска было определено, что в обзор войдут только систематические обзоры и/или мета-анализы *рандомизированных контролируемых исследований (РКИ)* и не-РКИ, так как этот вид исследований является «золотым стандартом» доказательной медицины.

Источники информации и стратегии поиска. Поиск литературы проводился в зарубежных базах данных *PubMed*, *Cochrane Library*, *Epistemonikos*, *MedNar*, *ResearchGate*, а также в Российских базах данных *eLibrary* и *Российской Государственной Библиотеке (РГБ)*. Поиск производился по ключевым словам: «(resting energy expenditure OR resting metabolic rate OR basal metabolic rate OR basal energy expenditure OR basal metabolism) AND (predictive equation OR prediction equation) AND (athlete OR sports)», в обзор были включены исследования, опубликованные за последние 20 лет (с января 2003 года по сентябрь 2023 года включительно), ограничений по языку не устанавливалось. Стратегическое исключение систематических обзоров, опубликованных до 2003 года, было основано на методологических, статистических и протокольных ограничениях предыдущих работ по сравнению с сегодняшней доказательной базой. В целях увеличения широты охвата рассматриваемой темы, был проведен поиск «серой» литературы в базе данных *Google Scholar*. Затем списки ссылок в найденных исследованиях были подвергнуты ручному поиску, для выявления потенциально подходящих исследований, не охваченных электронным поиском. Критерии включения основывались на системе *PICOS* [2]: *P* – Здоровые спортсмены; *I* – Измерение *RMR* с помощью непрямой калориметрии; *C* – Уравнения прогнозирования *RMR*; *O* – Описание сравнения результатов между измеренным и расчетным *RMR* или потенциальными уравнениями прогнозирования *RMR*; *S* – Систематические обзоры, систематические обзоры с мета-анализами.

Выбор исследования. Первоначально два автора обзора (Рыбакова П.Д. и Мештель А.В.), параллельно, независимо друг от друга, проверяли заголовки статей, аннотации и, при необходимости, полные тексты из записей баз данных в соответствии с критериями приемлемости. После, два автора обзора (Рыбакова П.Д. и Мештель А.В.), параллельно, независимо друг от друга, извлекали намеченные статьи. Дубликаты и статьи, не соответствующие критериям, удалялись. Любые несоответствия разрешались путем консенсусного обсуждения. Любые разногласия разрешались третьим автором (Мирошников А.Б.).

Качество исследований и извлечение данных. Методологическое качество включенных обзоров оценивалось с помощью инструмента «*Оценка методологического качества систематических обзоров (A Measurement Tool to Assess systematic Reviews (AMSTAR-2))*» [3], состоящего из 16 пунктов. Качество каждой подходящей статьи было независимо оценено двумя исследователями (Рыбакова П.Д. и Мештель А.В.). Всякий раз, когда возникали разногласия между оценками двух исследователей, консенсус достигался либо путем обсуждения, либо с помощью третьего рецензента (Мирошников А.Б.). Интеррейтерское (каппа) согласие варьировалось от 0,56 (слабое) до 1,00 (почти идеальное (абсолютное)), как рекомендует *McHugh* [14]. В этом обзоре были особо выделены и рассмотрены исходные области, которые

могут критически повлиять на достоверность обзора и его выводов, как это было предложено *Shea* и соавторами [3]. Поскольку в настоящем исследовании данные были представлены описательно, статистический анализ не проводился.

Результаты и их обсуждение. Поиск, отбор и включение публикаций. По результатам поиска нами было найдено 248 исследований. После первичного отбора было исключено 6 дубликатов, 242 исследования проверялись на соответствие критериям включения, и всего 2 исследования было включено в обзор. 240 исследований были исключены за несоответствие критериям *PICOS* (участники, результаты, дизайн исследования, вмешательства и оцениваемые результаты были неподходящими). На рис. 1 изображена блок-схема процесса отбора исследований *PRISMA* для обзора (рис. 1).

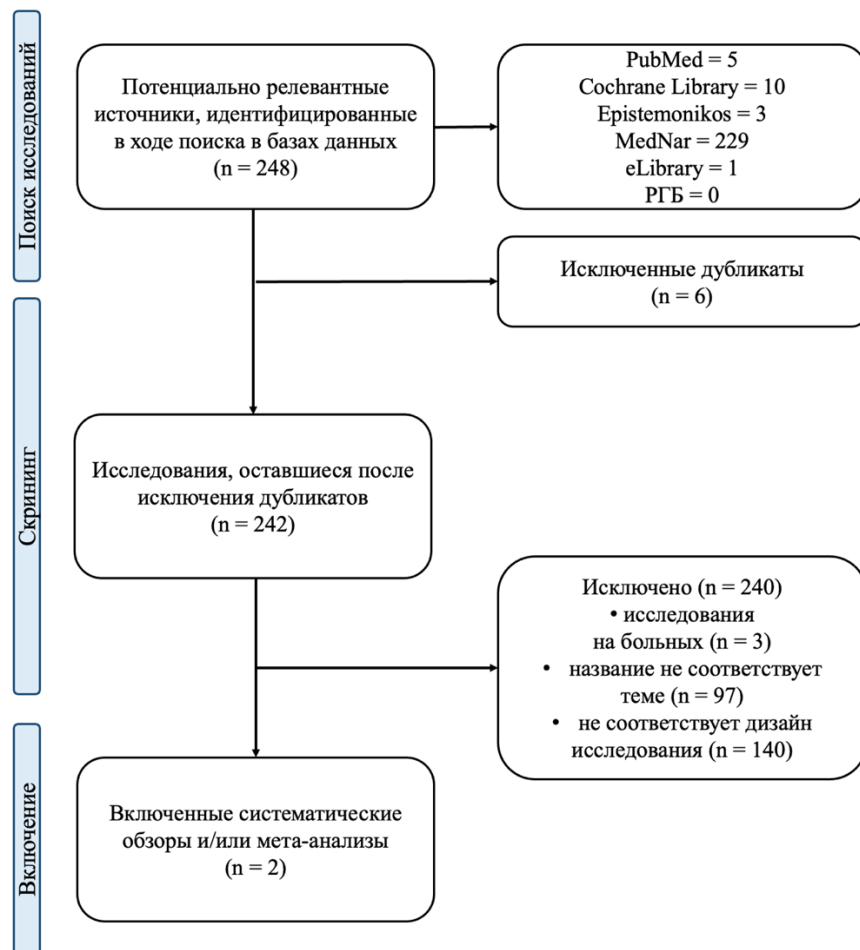


Рис. Блок-схема *PRISMA*

Хронологический анализ статей, рассмотренных в обзоре, свидетельствует о последних достижениях в рассматриваемой области исследований, подчеркивая, что 100% систематических обзоров были опубликованы в течение последнего года (т. е. в 2023 году).

Качество обзоров. Общее методологическое качество двух включенных обзоров резюмировано в табл. 1 (табл. 1). На основании оценки общей достоверности, полученной с помощью *AMSTAR-2* [3], качество обоих включенных обзоров было оценено как критически низкое.

Общее методологическое качество обзоров, оцененное с помощью AMSTAR-2

Пункты AMSTAR-2	Систематические обзоры и/или мета-анализы	
	<i>O'Neill</i> и соавт., 2023 [16]	<i>Martinho</i> и соавт., 2023 [18]
1	Y	Y
2	Y	N
3	Y	N
4	Y	Y
5	Y	Y
6	Y	Y
7	Y	N
8	Y	Y
9	N	Y
10	N	N
11	Y	NM
12	N	NM
13	N	N
14	Y	N
15	N	NM
16	Y	Y
Оценка	CL	CL

Примечание: PY – *Partial Yes* (Частично Да); CL – *Critically low* (Чрезвычайно низкая достоверность); NM – *No Meta-analysis* (Нет мета-анализа); N – *No (Hem)*; Y – *Yes (Да)*. Серым цветом отмечены критически важные пункты

По причине того, что систематические обзоры и мета-анализы являются недавним методом исследований в области спортивной медицины, мы не исключали ни одно из исследований из дальнейшего анализа на основе оценки качества. Одним из преимуществ этого исследования является то, что оно предлагает поиск исследовательских решений, которые позволят авторам повысить качество систематических обзоров и мета-анализов по рассматриваемой теме. Одной из возможных причин такого низкого уровня достоверности являются следующие критически важные замечания. Ни в одном из включенных в наше исследование обзоре не указывался конфликт интересов и финансирование исследований, включенных в обзор и мета-анализ. В исследовании *Martinho* и соавторов [18] наблюдалось отсутствие регистрации протокола – соблюдение разработанного протокола снижает риск систематической ошибки в обзоре. Кроме того, авторы данного систематического обзора не объяснили выбор дизайна исследования для включения в обзор. В исследовании *O'Neill* и соавторов [16] отсутствовала оценка риска систематической ошибки. Однако, авторы отметили, что существующие инструменты оценки риска систематической ошибки не подходят для исследований, дизайн которых предполагает сравнительную оценку прогнозируемой и измеренной переменной.

Количество исследований, включенных в обзоры, варьировалось от 29 [16] до 34 [18] (табл. 2). При этом 15 аналогичных исследований были включены как в обзор *Martinho* и соавторов [18], так и в обзор *O'Neill* и соавт. [16].

Включенные систематические обзоры и мета-анализы, оценивающие точность уравнений прогнозирования с измеренным RMR у спортсменов

Авторы обзоров, год, кол-во включенных исследований	Основные выводы обзоров
<i>O'Neill</i> и соавт., 2023, $n = 29$ [16]	Уравнение <i>Ten Haaf</i> , 2014 (возраст, МТ, ДТ) представляется наиболее точным и достоверным для оценки RMR в общих группах спортсменов (мета-анализ точности выявил точность прогнозирования 80% в пределах $\pm 10\%$ от измеренного RMR). Уравнения, продемонстрировавшие самую низкую точность и достоверность: <i>Mifflin St. Jeor</i> , 1990 (возраст, МТ, ДТ); <i>Owen</i> , 1988 (МТ); <i>FAO/WHO/UNU</i> , 1985 (возраст, МТ, ДТ); <i>FAO/WHO/UNU</i> (возраст, МТ); <i>Nelson</i> , 1992 (<i>FFM</i> , <i>FM</i>).
<i>Martinho</i> и соавт., 2023, $n = 34$ [18]	Уравнения <i>De Lorenzo</i> , 1999 и <i>Ten Haaf</i> , 2014 представляются наиболее подходящими для прогнозирования RMR у взрослых спортсменов (было отмечено согласие 72% и 68% с измеренными значениями RMR у спортсменов и спортсменов соответственно). Причем уравнение <i>De Lorenzo</i> , 1999 является точным непосредственно для спортсменов мужского пола.

Примечание: *FFM* – Fat free mass (Безжировая масса тела), *FM* – Fat mass (Жировая масса тела), *RMR* – Resting metabolic rate (Скорость метаболизма в покое), *МТ* – масса тела, *ДТ* – длина тела

При анализе включенных в каждый из обзоров исследований, нами были резюмированы методы оценки состава тела, используемые в качестве переменной в тех уравнениях, где необходима оценка безжировой массы тела (*Fat free mass (FFM)*), тощей массы тела (*Lean body mass (LBM)*) и жировой массы тела (*Fat mass (FM)*) (табл. 3).

Резюме методов оценки состава тела, вошедших во включенные в систематические обзоры и мета-анализы

Авторы обзоров, год, кол-во включенных исследований	% от включенных исследований					
	<i>DXA</i>	<i>BIA</i>	<i>ST</i>	Узи	Плетизмография	Гидростатическое взвешивание
<i>O'Neill</i> и соавт., 2023, $n = 29$ [16]	44,8	24	10,3	-	10,3	3,4
<i>Martinho</i> и соавт., 2023, $n = 34$ [18]	29,4	26,4	11,7	2,9	8,8	-

Примечание: *DXA* – Dual-energy x-ray absorptiometry (Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия), *BIA* – Bioimpedance analysis (Биоимпедансный анализ состава тела), *ST* – Skinfold technique (Калиперометрия)

Согласно основным результатам систематических обзоров и мета-анализов, уравнения *De Lorenzo* (1999) и *Ten Haaf* (2014) являются наиболее точными для определения RMR в популяции спортсменов. Однако, ни в одном из этих уравнений не применяются переменные состава тела (используемые переменные: возраст, масса тела, длина тела). Известно, что RMR зависит от удельной скорости метаболизма основных органов и тканей (*Ki*) [22] и общей массы тела [11] отдельного организма, в связи с чем ясно можно сделать вывод, что учет в уравнениях прогнозирования массы органов и тканей (например *LBM*, *FFM*, *FM*) позволят наиболее точно определять RMR. При этом следует учитывать методы измерения состава тела, именно двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (*Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA)*) является «золотым стандартом» в определении компонентного состава тела [15]. Так, в обзоры *Martinho* [18] и *O'Neill* [16] вошли исследования оценивающие уравнения прогнозирования RMR, включающие переменные *LBM/FFM* или *FM*, при этом в подавляющем большинстве работ использовался метод *DXA* – 29,4% и 44,8% соответственно (табл. 3). Например, уравнение *Koehler DXA* (2016, сумма

масс органелл) [12] оказалось наиболее точным среди женщин-спортсменок различных видов спорта (переоценка *RMR* на 7%, точность в пределах 1%), чем пять других уравнений. Следует отметить, что общей проблемой является использование в уравнении *Cunningham* (1980) *LBM* и *FFM* в качестве взаимозаменяемых величин. Это может влиять на точность расчетов и требует дальнейшего изучения и учета при практическом применении уравнений [24].

Мы можем предположить, что уравнения *De Lorenzo* (1999) и *Ten Haaf* (2014) имеют высокую точность для популяции спортсменов по причине того, что спортсмены имели сходные физические характеристики с исходной популяцией, на которой было выведено уравнение. На точность уравнения могут существенно влиять морфофункциональные характеристики спортсмена по сравнению с характеристиками популяции, на основе которых было выведено уравнение. Допустимо, что уравнения, составленные на основе общепопуляционных показателей, могут давать неадекватные результаты при применении их к спортсменам.

Предпочтительным может быть выбор уравнения прогнозирования, основанного на популяции спортсменов со сходными характеристиками (морфофункциональные характеристики, пол, вид спорта, уровень квалификации спортсмена), которые продемонстрировали высокую точность (до <5%). Например, уравнение *Cunningham* (1980, *LBM*) – командные виды спорта, многоборье, бодибилдинг, единоборства; *Harris-Benedict* (1918, возраст, масса тела, длина тела) – единоборства, водное поло. Менее популярными исследуемыми уравнениями (в отличие от уравнений *Cunningham*, *Ten Haaf*, *FAO/WHO/UNU*, *Harris-Benedict* и т. д., которые наиболее часто сравниваются исследователями с измеренным *RMR*) являлись так называемые локальные уравнения, разработанные под конкретные популяции спортсменов (виды спорта, дивизионы, уровень квалификации спортсменов). В исследованиях сообщалось, что локально разработанные уравнения являлись наиболее точными (до <1%): уравнение *MacKenzie* (2019) [4] для высококвалифицированных мужчин-регбистов и уравнения *O'Neill* (2022) [23] для женщин-регбисток; уравнение *Watson* (2019) [8], разработанное на популяции женщин-спортсменок II дивизиона *NCA* (хоккей, софтбол, волейбол, спортивная гимнастика, теннис); уравнение *Marra* (2021) [21] и *Wong* (2012) [17], разработанные на популяциях высококвалифицированных спортсменов обоих полов.

Также отметим, что большинстве включенных в систематические обзоры и/или мета-анализы исследований, расовая принадлежность участников не указывалась, а лишь в некоторых случаях указывалась национальность. Учитывая данные о том, что раса может влиять на *RMR* [19], необходимы дальнейшие исследования, включающие и сравнивающие спортсменов разного расового происхождения, чтобы определить, может ли это влиять на выбор уравнения.

Заключение. Оценка *RMR* является фундаментом при определении потребления энергии и последующей разработке стратегий питания в соответствии с потребностями организма спортсмена. Так как метод непрямой калориметрии имеет высокую стоимость оборудования и потребности в обученном персонале, то ее использование ограничивается в спортивной практике. В результате разрабатываются различные прогностические уравнения, чтобы предложить альтернативы для оценки *RMR* спортсменам. Хронологический анализ работ, рассмотренных в обзоре, свидетельствовал о последних достижениях в рассматриваемой области исследований – 100% систематических обзоров были опубликованы в 2023 году. Наш обзор показал общее критически низкое методологическое качество самих обзоров (вошедших в нашу работу), что свидетельствует о необходимости значительного улучшения методологических процедур. Авторы двух систематических обзоров и мета-анализов, вошедших в данный обзор, пришли к мнению, что уравнения *De Lorenzo* (1999) и *Ten Haaf* (2014) представляются наиболее подходящими для прогнозирования *RMR* у взрослых спортсменов, причем уравнение *De Lorenzo* (1999) является точным непосредственно для спортсменов мужского пола. Однако, возможно применение уравнений *Cunningham* (1980), *Harris-Benedict* (1918), *Watson* (2019), *MacKenzie* (2019) *O'Neill* (2022), *Marra* (2021) и *Wong* (2012) при условии, что исходная исследуемая популяция обладает с потенциальным спортсменом сходными характеристиками ((морфофункциональные характеристики, пол, вид спорта, уровень квалификации спортсмена, уровень тренированности и т. д.). Требуются дальнейшие разработки уравнений прогнозирования *RMR*, особенно среди представителей различных видов спорта, с учетом состава тела и расовой принадлежности.

Литература

1. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes / Jagim A.R. [et al.] // J Strength Cond Res. 2018. №32(7). P.1875-1881. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002111.
2. 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). P. 387. DOI: 10.1136/emered-2020-209567.

3. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both / Shea B.J. [et al.] // *BMJ*. 2017. №358. P.4008. DOI:10.1136/bmj.j4008
4. Are increases in skeletal muscle mass accompanied by changes to resting metabolic rate in rugby athletes over a pre-season training period? / MacKenzie-Shalders K.L. [et al.] // *Eur J Sport Sci*. 2019. №19(7). P. 885-892.
5. Carlssohn A. Resting metabolic rate in elite rowers and canoeists: difference between indirect calorimetry and prediction // *Ann Nutr Metab*. 2011. №58(3). P. 239-244. DOI: 10.1159/000330119.
6. Chmielewska A., Kujawa K., Regulska-Ilow B. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Sport Climbers // *Int J Environ Res Public Health*. 2023. №20(5). P. 4216. DOI: 10.3390/ijerph20054216.
7. Comparison of resting metabolic rate prediction equations in college-aged adults / Ducharme J.B. [et al.] // *Appl Physiol Nutr Metab*. 2021. №46(7). P. 711-718. DOI: 10.1139/apnm-2020-0887.
8. Determining a Resting Metabolic Rate Prediction Equation for Collegiate Female Athletes / Watson A.D. [et al.] // *J Strength Cond Res*. 2019. №33(9). P. 2426-2432. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002856.
9. Dickson K., Yeung C.A. PRISMA 2020 updated guideline // *Br Dent J*. 2022. №232(11). P. 760-761. DOI: 10.1038/s41415-022-4359-7.
10. Indirect Calorimetry: From Bench to Bedside / Gupta R.D. [et al.] // *Indian J. Endocrinol. Metab*. 2017. №21. P. 594–599. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_484_16.
11. Kleiber M. Body size and metabolism // *Hilgardia*. 1932. № 6. P. 315-351.
12. Low resting metabolic rate in exercise-associated amenorrhea is not due to a reduced proportion of highly active metabolic tissue compartments / Koehler K. [et al.] // *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2016. №311(2). P. E480-487. DOI: 10.1152/ajpendo.00110.2016.
13. Marques L.R. Basal metabolic rate for high-performance female karate athletes // *Nutr Hosp*. 2021. №38(3). P. 563-567. DOI: 10.20960/nh.03390.
14. McHugh M.L. Interrater reliability: the kappa statistic // *Biochem Med (Zagreb)*. 2012. №22(3). P. 276-282.
15. Measurement of body composition in burned children: is there a gold standard? / Branski L.K. [et al.] // *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2010. №34(1). P. 55-63. DOI: 10.1177/0148607109336601.
16. O'Neill J.E.R., Corish C.A., Horner K. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes: A Systematic Review with Meta-analysis // *Sports Med*. 2023. DOI: 10.1007/s40279-023-01896-z.
17. Predicting basal metabolic rates in Malaysian adult elite athletes / Wong J.E. [et al.] // *Singapore Med J*. 2012. №53(11). P. 744-749.
18. Predicting resting energy expenditure among athletes: a systematic review / Martinho D.V. [et al.] // *Biol Sport*. 2023. №40(3). P. 787-804. DOI: 10.5114/biolSport.2023.119986.
19. Reneau J., Obi B., Moosreiner A. Do we need race-specific resting metabolic rate prediction equations? // *Nutr Diabetes*. 2019. №9. P.21.
20. Reporting guideline for overviews of reviews of healthcare interventions: development of the PRIOR statement / Gates M. [et al.] // *BMJ*. 2022. №378. P.e070849. DOI: 10.1136/bmj-2022-070849.
21. Resting energy expenditure in elite athletes: development of new predictive equations based on anthropometric variables and bioelectrical impedance analysis derived phase angle / Marra M. [et al.] // *J Int Soc Sports Nutr*. 2021. №18. P. 68. DOI:10.1186/s12970-021-00465-x.
22. Resting Energy Expenditure: From Cellular to Whole-Body Level, a Mechanistic Historical Perspective / Heymsfield S.B. [et al.] // *Obesity (Silver Spring)*. 2021. №29(3). P.500-511. DOI: 10.1002/oby.23090.
23. Resting Metabolic Rate in Female Rugby Players: Differences in Measured Versus Predicted Values / O'Neill J.E.R.G. [et al.] // *J Strength Cond Res*. 2022. №36(3). P.845-850. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003634.
24. Sterringer T., Larson-Meyer D.E. RMR ratio as a surrogate marker for low energy availability // *Curr Nutr Rep*. 2022. №11(2). P. 263-272.
25. The accuracy of ten common resting metabolic rate prediction equations in men and women collegiate athletes / Fields J.B. [et al.] // *Eur J Sport Sci*. 2022. № 16. P. 1-10. DOI: 10.1080/17461391.2022.2130098.

References

1. Jagim AR. [et al.] Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes. *J Strength Cond Res*. 2018;32(7):1875-1881. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002111.
2. 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. DOI: 10.1136/emermed-2020-209567.

3. Shea BJ. [et al.] AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 2017. №358. P.j4008. DOI:10.1136/bmj.j4008
4. MacKenzie-Shalders KL. [et al.] Are increases in skeletal muscle mass accompanied by changes to resting metabolic rate in rugby athletes over a pre-season training period? *Eur J Sport Sci*. 2019;19(7):885-92.
5. Carlsohn A. Resting metabolic rate in elite rowers and canoeists: difference between indirect calorimetry and prediction. *Ann Nutr Metab*. 2011;58(3):239-44. DOI: 10.1159/000330119.
6. Chmielewska A, Kujawa K, Regulska-Ilow B. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Sport Climbers. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(5):4216. DOI: 10.3390/ijerph20054216.
7. Ducharme JB. [et al.] Comparison of resting metabolic rate prediction equations in college-aged adults *Appl Physiol Nutr Metab*. 2021;46(7):711-8. DOI: 10.1139/apnm-2020-0887.
8. Watson AD. [et al.] Determining a Resting Metabolic Rate Prediction Equation for Collegiate Female Athletes. *J Strength Cond Res*. 2019;33(9):2426-32. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002856.
9. Dickson K, Yeung CA. PRISMA 2020 updated guideline. *Br Dent J*. 2022;232(11):760-1. DOI: 10.1038/s41415-022-4359-7.
10. Gupta RD. [et al.] Indirect Calorimetry: From Bench to Bedside. *Indian J. Endocrinol. Metab*. 2017;21:5949. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_484_16.
11. Kleiber M. Body size and metabolism. *Hilgardia*. 1932; 6:315-51.
12. Koehler K. [et al.] Low resting metabolic rate in exercise-associated amenorrhea is not due to a reduced proportion of highly active metabolic tissue compartments. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2016;311(2):E480-487. DOI: 10.1152/ajpendo.00110.2016.
13. Marques LR. Basal metabolic rate for high-performance female karate athletes. *Nutr Hosp*. 2021;38(3):563-7. DOI: 10.20960/nh.03390.
14. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb)*. 2012;22(3):276-82.
15. Branski LK. [et al.] Measurement of body composition in burned children: is there a gold standard? *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2010;34(1):55-63. DOI: 10.1177/0148607109336601.
16. O'Neill JER, Corish CA, Horner K. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med*. 2023. DOI: 10.1007/s40279-023-01896-z.
17. Wong JE. [et al.] Predicting basal metabolic rates in Malaysian adult elite athletes. *Singapore Med J*. 2012;53(11):744-9.
18. Martinho DV. [et al.] Predicting resting energy expenditure among athletes: a systematic review. *Biol Sport*. 2023;40(3):787-804. DOI: 10.5114/biolSport.2023.119986.
19. Reneau J, Obi B, Moosreiner A. Do we need race-specific resting metabolic rate prediction equations? *Nutr Diabetes*. 2019;9:21.
20. Gates M. [et al.] Reporting guideline for overviews of reviews of healthcare interventions: development of the PRIOR statement. *BMJ*. 2022;78:e070849. DOI: 10.1136/bmj-2022-070849.
21. Marra M. [et al.] Resting energy expenditure in elite athletes: development of new predictive equations based on anthropometric variables and bioelectrical impedance analysis derived phase angle. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18:68. DOI:10.1186/s12970-021-00465-x.
22. Heymsfield SB. [et al.] Resting Energy Expenditure: From Cellular to Whole-Body Level, a Mechanistic Historical Perspective. *Obesity (Silver Spring)*. 2021;29(3):500-11. DOI: 10.1002/oby.23090.
23. O'Neill JERG. [et al.] Resting Metabolic Rate in Female Rugby Players: Differences in Measured Versus Predicted Values. *J Strength Cond Res*. 2022;36(3):845-50. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003634.
24. Sterringer T, Larson-Meyer DE. RMR ratio as a surrogate marker for low energy availability. *Curr Nutr Rep*. 2022;11(2):263-72.
25. Fields JB. [et al.] The accuracy of ten common resting metabolic rate prediction equations in men and women collegiate athletes. *Eur J Sport Sci*. 2022;16:1-10. DOI: 10.1080/17461391.2022.2130098.

Библиографическая ссылка:

Мирошников А.Б., Рыбакова П.Д., Мештель А.В., Смоленский А.В. Оценка точности уравнений прогнозирования скорости метаболизма в покое у спортсменов: зонтичный обзор систематических обзоров и мета-анализов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2023. №6. Публикация 3-8. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-8.pdf> (дата обращения: 08.12.2023). DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-8. EDN ZHMNZP*

Bibliographic reference:

Miroshnikov AB, Rybakova PD, Meshtel AV, Smolensky AV. Ocenka tochnosti uravnenij prognozirovaniya skorosti metabolizma v pokoe u sportsmenov: zontichnyj obzor sistematiceskikh obzorov i meta-analizov [Accuracy assessment of predictive equations for metabolic rate at rest in athletes: umbrella review of systematic reviews and meta analyses]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2023 [cited 2023 Dec 08];6 [about 8 p.]. Russian. Available from: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-8.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-8. EDN ZHMNZP

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/e2023-6.pdf>

**идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY