

УДК 796.012.49

## ЛОКОМОТОРНО-РЕСПИРАТОРНОЕ СОПРЯЖЕНИЕ (ЛРС) В УПРАЖНЕНИИ ГИРЕВОГО СПОРТА «ТОЛЧОК»

Тихонов В.Ф.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,  
Чебоксары, e-mail: letterpa@mail.ru

Проблема дыхания в спортивных упражнениях заключается в отсутствии научных основ для понимания возникновения непроизвольного гиперпноэ. Что является пейсмейкером для повышения частоты и глубины дыхания в гиревом спорте? Целью работы является определение роли динамических усилий спортсмена-гиревика в локомоторно-респираторном сопряжении в упражнении «толчок». В период с 2008 г. по 2014 г. были проведены различные эксперименты по исследованию способов дыхания у спортсменов мастеров спорта России (МС,  $n = 26$ ) и мастеров спорта России международного класса (МСМК,  $n = 12$ ) в упражнениях гиревого спорта. Для измерения вертикальной составляющей ускорения туловища  $a(t)_{\text{vert}}$  (м/с<sup>2</sup>), датчик ускорения (акселерометр) закреплялся на пояснице у испытуемого с помощью широкого эластичного ремня. С помощью спирографа измерялась скорость потока дыхательного воздуха  $\bar{V}(t)$  (л/с). В результате исследования обнаружено, что локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) в гиревом спорте возникает на основе изменения усилий человека в различных фазах двигательного действия. Результаты исследования показали, что у спортсменов высокой квалификации нарастание усилий (в каждой фазе) вызывает непроизвольный выдох, а снятие усилия, наоборот, непроизвольный вдох. Графики  $a(t)_{\text{vert}}$  объективно отражают изменение этих усилий во времени. Произвольные циклы вдоха-выдоха спортсмен может выполнять только в статических позах «фиксация» и «исходное положение». Таким образом, в упражнении «толчок» ЛРС отражается в сопряжении скорости потока дыхательного воздуха  $\bar{V}(t)$  с вертикальной составляющей ускорения туловища  $a(t)_{\text{vert}}$ .

**Ключевые слова:** гиревое спорте, упражнение «толчок», дыхание, локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС), акселерометрия

## LOCOMOTOR-RESPIRATORY COUPLING (LRC) IN THE KETTLEBELL LIFTING SPORT EXERCISE «JERK»

Tikhonov V.F.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: letterpa@mail.ru

The problem of breathing in sports exercises is the lack of a scientific basis for understanding the occurrence of involuntary hyperpnea. What is a pacemaker to increase breathing rate and depth in kettlebell lifting? The aim of the study is to determine the role of the dynamic efforts of a kettlebell-lifting athlete in locomotor-respiratory coupling in the «jerk» exercise. In the period from 2008 to 2014, various experiments were carried out to study breathing methods in athletes – masters of sports of Russia (MS,  $n = 26$ ) and masters of sports of Russia of international class (MSIC,  $n = 12$ ) in kettlebell lifting exercises. To measure the vertical component of the torso acceleration  $a(t)_{\text{vert}}$  (m/s<sup>2</sup>), the acceleration sensor (accelerometer) was attached to the subject's lower back using a wide elastic belt. The respiratory air flow rate  $\bar{V}(t)$  (L/s) was measured using a spirograph. As a result of the study, it was found that locomotor-respiratory coupling (LRC) in kettlebell lifting occurs against the background of changes in human efforts in various phases of motor action. The results of the study showed that among highly qualified athletes, an increase in efforts (in each phase) causes an involuntary exhalation, and a decrease in effort, on the contrary, an involuntary inhalation. Graphs  $a(t)_{\text{vert}}$  objectively reflect the change in these efforts over time. The athlete can perform inhalation-exhalation cycles arbitrary only in static positions «fixation» and «initial position». Thus, in the «jerk» exercise, the LRC is reflected in the coupling of the respiratory air velocity  $\bar{V}(t)$  (flow rate) with the vertical component of the torso acceleration  $a(t)_{\text{vert}}$ .

**Keywords:** kettlebell lifting, exercise «jerk», breathing, locomotor respiratory coupling (LRC), accelerometry

Во всех видах спорта, в том числе и в гиревом спорте, эффективность тренировочного процесса спортсменов повышается за счет различных методик применения средств общей и специальной физической подготовки. В гиревом спорте применяются упражнения силовой и скоростно-силовой направленности [1, 2]. Установлена эффективность отдельных методик тренировки устойчивости гиревиков к гипоксии и приводятся алгоритмы дыхания в упражнениях гиревого спорта [3]. Российские ученые и специалисты в гиревом спорте указывают на влияние ритмичного дыхания на пока-

затели силовой выносливости спортсменов-гиревиков [3, 4]. Также и в зарубежных источниках находим утверждения о важности навыков дыхания в гиревом спорте [5] и при выполнении развивающих упражнений с гирями [6]. Однако, когда поднимается вопрос об обучении спортсменов дыханию в упражнениях гиревого спорта, тренеры почти единодушно заявляют о том, что спортсмен сам научится координировать дыхание с движениями. Такие же ответы мы получили в ходе бесед с тренерами по легкой атлетике и по лыжным гонкам. Но если обратиться к научной литературе,

то ученые всего мира утверждают о тесной взаимосвязи и влиянии друг на друга двух процессов: движения человека и его дыхания. В отечественной литературе это явление называется: «взаимосвязь», «сопряжение», «сцепление» или «соотношение фаз дыхания с движениями». Также известно, что максимальные мышечные усилия связаны с выдохом [7]. В зарубежной литературе применяются термины: «entrainment», «Locomotor Respiratory Coupling (LRC)» [8]. В нашей работе мы будем применять термин «локомоторно-респираторное сопряжение», которое означает взаимосвязь отдельных фаз движения с дыхательными движениями (вдох-выдох) в упражнении «толчок».

Цель исследования: определение роли динамических усилий спортсмена-гиревика в локомоторно-респираторном сопряжении в упражнении «толчок».

#### Материалы и методы исследования

В период с 2008 г. по 2014 г. были проведены различные эксперименты по исследованию способов дыхания у спортсменов уровня мастеров спорта России (МС,  $n = 26$ ) и мастеров спорта России международного класса (МСМК,  $n = 12$ ) в упражнениях гиревого спорта. В настоящее время для исследования динамических процессов широко используются недорогие и простые в применении акселерометры [9]. Для измерения вертикальной составляющей ускорения туловища  $a(t)_{\text{верт}}$  ( $\text{м/с}^2$ ), датчик ускорения (акселерометр) закреплялся на поясе у испытуемого с помощью широкого эластичного ремня. С помощью спирографа измерялась скорость потока дыхательного воздуха  $\dot{V}(t)$  ( $\text{л/с}$ ). На рис. 2–4 график скорости потока дыхательного воздуха (Поток,  $\text{л/с}$ ) на вдохе идет вниз от 0, а на выдохе – вверх от 0. Испытуемые выполняли упражнение «толчок» одной гири 24 кг в произвольном темпе.

Датчик спирографа испытуемые держали свободной рукой. Регистрация показателей  $a(t)_{\text{верт}}$  и  $\dot{V}(t)$  проходила синхронно с помощью универсальных регистраторов с частотой регистрации 5 Гц. В своей работе мы применяли различные датчики ускорения (цифровые и аналоговые), спирографы и регистраторы. Названия и фирмы их выпускающие не влияли на качество измерения и представление результатов в графическом виде. Для обозначения фаз двигательных действий на рис. 1 показано схематическое представление основных положений спортсмена-гиревика в соревновательном упражнении «толчок». Это: а) исходное положение (ИП) перед очередным выталкиванием, б) полуприсед, в) выталкивание, д) «уход» под гири, д1) полуподсед, е) вставание из полуподседа, е1) остановка движения гири, е2) фиксация, ф) начальная фаза опускания, г) свободное опускание гири, h) опускание гири на грудь, i) амортизация.

#### Результаты исследования и их обсуждение

На начальном этапе особенности формирования дыхательных движений в процессе выполнения упражнений определялись методом видеоанализа. Обобщенно определились 4 варианта дыхания в упражнении «толчок» [10]. Однако видеоанализ не позволяет выяснить природу возникновения дыхательных циклов. Здесь происходит только подтверждение фактов о наличии тех или иных вариантов дыхания. Затем исследования продолжались с измерениями показателей движений и дыхания с применением стационарной тензоплатформы и спирографа [11]. Однако трудность применения стационарной тензоплатформы заключается в невозможности ее транспортировки к месту соревнований или спортивных сборов.

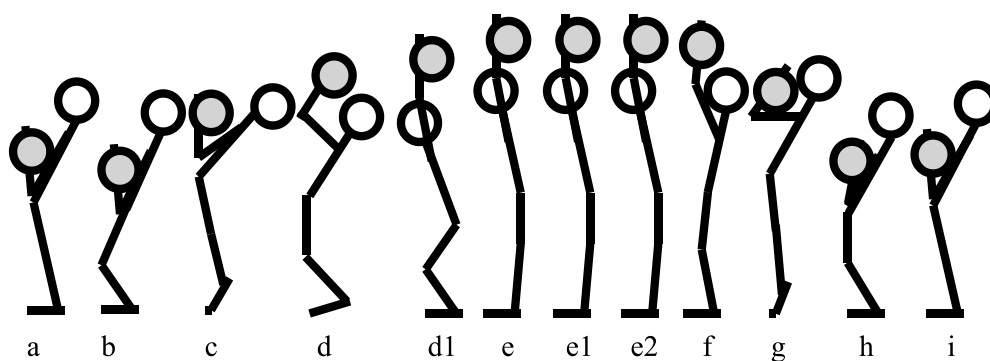


Рис. 1. Схематическое представление основных положений спортсмена-гиревика в соревновательном упражнении «толчок»

В 2013–2014 гг. нами были проведены измерения вертикальной составляющей ускорения туловища  $a(t)_{\text{верт}}$  ( $\text{м/с}^2$ ) и пневмограммы дыхания в упражнении «толчок» ( $n = 187$ ). В данном исследовании мы пренебрегли точными значениями амплитуды показателей, так как ускорение ( $\text{м/с}^2$ ) и поток ( $\text{л/с}$ ) имеют разную размерность. Здесь можно сравнить только ритмические, временные характеристики этих показателей. В современных микропроцессорных регистраторах синхронизация по времени происходит с высокой точностью и с частотой измерения сигналов. В настоящее время не представляет большого труда процесс сборки измерительного комплекса, состоящего из акселерометров, датчика потока воздуха и регистратора. Все комплектующие можно найти даже на сайте АлиЭкспресс. Также в свободном доступе можно найти различные программы для регистрации, обработки, анализа и отображения сигналов на экране.

На рис. 2 приведен пример тесной локомоторно-респираторной сопряженности в упражнении «толчок». На графике  $a(t)_{\text{верт}}$  зубцы обозначены буквами, в соответствии с основными положениями фаз движений спортсмена в упражнении «толчок», изображенными на рис. 1.

Во время фиксации гирь вверху (интервал «e2») положение туловища близко к вертикальному (рис. 1, 2). В этом статическом положении датчик ускорения регистрирует ускорение, равное ускорению свободного падения тела, т.е.  $a(t)_{\text{верт}} = g$  ( $9,8 \text{ м/с}^2$ ). В исходном статическом положении (интервал «a») перед очередным подъемом гирь

значение  $a(t)_{\text{верт}} < g$  (рис. 2). Это объясняется тем, что в этом положении туловище спортсмена наклонено назад и проекция вектора  $a(t)_{\text{верт}}$  на ось, связанную с позвоночником, уменьшается. В данной работе зубцы ускорения «с, d1, e1, f, h», которые выше уровня интервалов «a» и «e2», считаются положительными, так как  $a(t)_{\text{верт}} > g$ . Зубцы «b, d, e, g, i» считаются отрицательными, так как  $a(t)_{\text{верт}} < g$ . Согласно второму закону Ньютона, сила, действующая на тело, прямо пропорциональна ускорению движения тела. Следовательно, увеличение значения  $a(t)_{\text{верт}}$  соответствует приложению спортсменом усилия против действия силы тяжести, а уменьшение  $a(t)_{\text{верт}}$  – снятию усилий.

На рис. 3, а, показан шестициклового вариант дыхания мастера спорта России С-ва, при котором у спортсмена в первом подъеме выдохи запаздывают в точках «с» и «h» на 0,181 мс. Однако во втором подъеме (и в дальнейших подъемах) выдохи синхронизируются с фазами положительных значений ускорения (с зубцами с, d1, f и h). Вдохи соответственно синхронизируются с фазами отрицательных значений ускорения (с зубцами b, d, e, g и i). Это указывает на существование пока мало изученных переходных процессов в приспособлении дыхания к движениям или, наоборот, движения к дыханию [7]. После первого подъема в интервале «a» спортсмен делает два цикла вдоха-выдоха, а после второго – только один цикл. В первом подъеме во время фиксации в интервале «e2» отмечается один цикл вдоха-выдоха, а во втором подъеме – два цикла вдоха-выдоха.

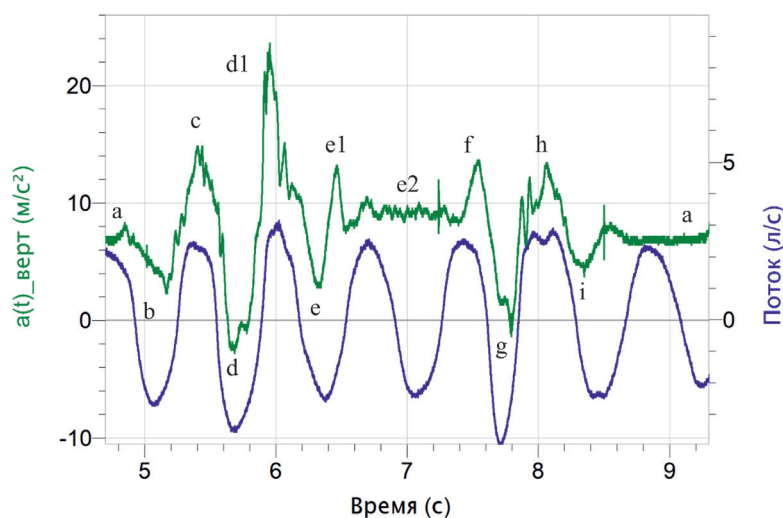


Рис. 2. Пример динамической локомоторно-респираторной сопряженности в упражнении «толчок»

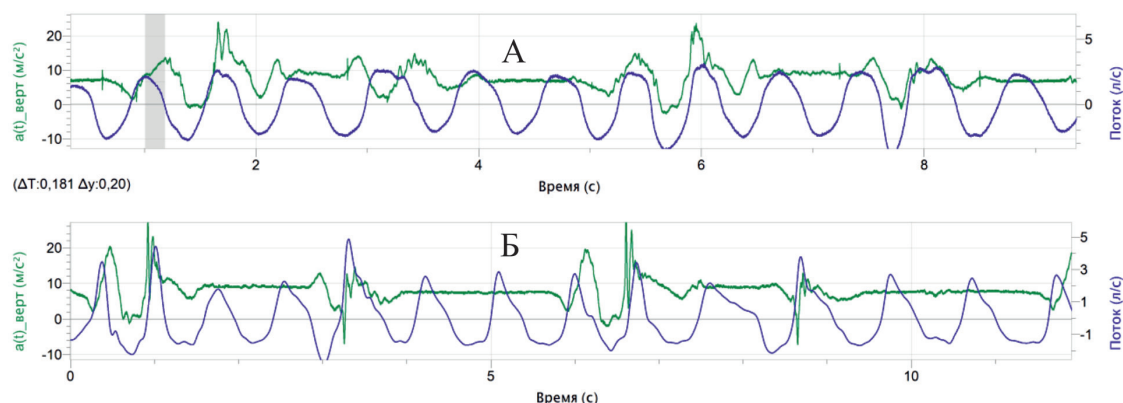


Рис. 3. Пример наличия переходных форм динамической локомоторно-респираторной сопряженности в упражнении «толчок»: А) МС С-ов; Б) МСМК Хвостов А.

На рис. 3, Б, приведен пример сопряжения показателей  $a(t)_{\text{верт}}$  и  $\bar{V}(t)$  мастера спорта России международного класса Хвостова А. В первом подъеме отмечается семь циклов дыхания, а во втором – шесть. После первого и второго подъемов в интервале «а» спортсмен делает по два цикла вдоха-выдоха. В первом подъеме во время фиксации в интервале «е2» отмечаются два цикла вдоха-выдоха, а во втором подъеме – один цикл вдоха-выдоха. Таким образом, как на рис. 3, А, так и на рис. 3, Б, показано, что оба спортсмена произвольно могут менять количество дыхательных циклов в статических позах в ИП и при фиксации. Однако на рис. 3, Б, выдохи синхронизированы с положительными  $a(t)_{\text{верт}}$  только в зубцах «с», «d1» и «h», так как в основном у данного спортсмена зубцы «e1» и «f» отсутствуют. Это указывает на высокую экономичность двигательных действий и отсутствие избыточных движений у МСМК Хвостова А.

Высказывания специалистов в разных видах спорта о том, что «спортсмен сам научится правильно дышать в процессе совершенствования своего мастерства», не беспочвенны. На основе вышеописанного исследования был проведен однократный эксперимент с группой спортсменов-гиревиков I спортивного разряда ( $n = 3$ ). Испытуемые выполняли подъемы одной гири 24 кг в предпочитаемом для себя темпе в течение 60 с, не обращая внимания на дыхание (непроизвольное дыхание). Затем спортсмены были инструктированы о необходимости 6-циклового дыхания (произвольное дыхание). Графики  $a(t)_{\text{верт}}$

и  $\bar{V}(t)$  на рис. 4 показывают слабое их сопряжение при 4-цикловом непроизвольном дыхании (рис. 4, А). При 6-цикловом произвольном дыхании можно говорить об отсутствии динамической локомоторно-респираторной сопряженности (рис. 4, Б).

В данном случае на начальном этапе обучения дыханию ЛРС не может возникнуть без целенаправленного педагогического воздействия, без выработанной на научной основе эффективной методики. Какой период времени, какой объем тренировочной нагрузки необходим для того, чтобы выработался необходимый стереотип взаимосвязи дыхания с двигательными действиями? В доступных научных источниках ответа на этот вопрос мы не находим.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) в упражнении «толчок» возникает на основе изменения характера усилий спортсмена в различных фазах двигательного действия. При сравнении графиков показателей  $a(t)_{\text{верт}}$  и  $\bar{V}(t)$  у различных спортсменов (рис. 2, 3) обнаружено, что у спортсменов высокой квалификации быстрое нарастание усилий в момент выталкивания гирь вверх (с) и подседа (d1), а также при амортизации при опускании гирь на грудь (в каждой фазе f и h) вызывает непроизвольный выдох. Быстрое снятие усилия при полуприседе (b), подседе после выталкивания (d), опускании гирь вниз (g) и амортизации (i), наоборот, вызывает непроизвольный вдох. Произвольные циклы вдоха-выдоха спортсмен может выполнять только в статических позах «исходное положение» (а) и «фиксация» (е2).



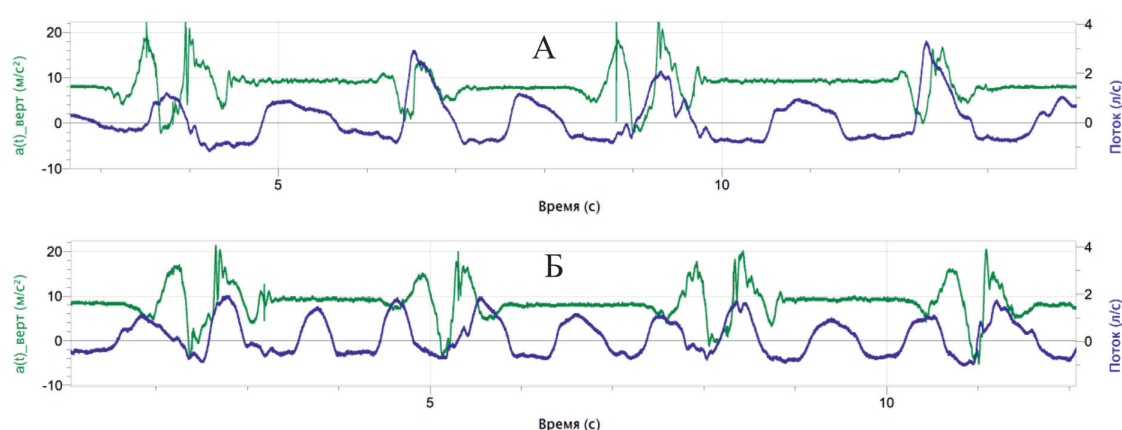


Рис. 4. Пример отсутствия динамической локомоторно-респираторной сопряженности в упражнении «толчок» у спортсмена I спортивного разряда К-ва:

А) 4-цикловое дыхание; Б) 6-цикловое дыхание

Таким образом, есть основание для выдвижения гипотезы о том, что пейсмейкером (pacemaker, англ. – водитель ритма) для ЛРС в динамических фазах упражнения «толчок» является сам характер усилий спортсмена при выполнении двигательных действий. Можно предположить также, что сами движения вызывают экскурсию грудной клетки спортсмена и дыхательные движения происходят без участия дыхательных мышц. При этом повышается экономичность функции внешнего дыхания. Но для принятия этой гипотезы необходимо проводить более глубокое изучение явления ЛРС в спортивных упражнениях.

### Заключение

У спортсменов высокой квалификации нарастание усилий (в каждой фазе) вызывает произвольный выдох, а снятие усилия, наоборот, произвольный вдох. Графики  $a(t)_{\text{верт}}$  объективно отражают изменение этих усилий во времени. Характер динамических усилий при подъеме гирь является основным фактором формирования дыхательных циклов в упражнении «толчок». Произвольные циклы вдоха-выдоха спортсменов может выполнять только в статических позах. Таким образом, локомоторно-респираторное сопряжение отражается в сопряжении скорости дыхательного воздуха (потока)  $\bar{V}(t)$  с вертикальной составляющей ускорения туловища  $a(t)_{\text{верт}}$ .

### Список литературы

1. Воронков А.В., Беляев И.С., Дорохин А.Ю., Кандабар А.Н. Методика спортивной подготовки высококвалифицированных гиревиков // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. URL:

<https://science-education.ru/ru/article/view?id=26871> (дата обращения: 30.01.2021).

2. Ципин Л.Л., Кириллов С.А., Петров В.М., Беляев И.С. Современные тенденции методики тренировки в гиревом спорте // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2017. № 2. С. 65–71.

3. Медведев В.И., Ачкасов В.В. Оценка существующих подходов для повышения толерантности к гипоксии в гиревом спорте // Актуальные вопросы физической культуры и спорта: материалы XX Всероссийской научно-практической конференции (Томск, 29 марта 2018 г.). Томск: Издательство ТГПУ, 2018. С. 69–75.

4. Гранкин Н.А. Экспериментальная проверка эффективности методики воспитания выносливости и формирования индивидуального ритма дыхания курсантов-гиревиков // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2015. Т. 10. № 4. С. 57–66. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_25373033\\_62653024.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25373033_62653024.pdf) (дата обращения: 30.01.2021).

5. Cotter S. Kettlebell Training. Human Kinetics. 2014, 213 p. <https://books.google.ru/books?id=XonAQAQAQBAJ> (дата обращения: 30.01.2021).

6. Meigh N.J., Keogh J.W.L., Schram B. et al. Kettlebell training in clinical practice: a scoping review. BMC Sports Sci. Med. Rehabil 11, 19 (2019). DOI: 10.1186/s13102-019-0130-z.

7. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. 2-е изд., стереотип. М.: Советский спорт, 2011. 202 с.

8. Fei Gu, Jianwei Niu, Sajal K. Das, Zhenxue He, and Xin Jin. 2017. Detecting breathing frequency and maintaining a proper running rhythm. Pervasive Mob. Comput. 42, C (December 2017), 498–512. DOI: 10.1016/j.pmcj.2017.06.015.

9. Мавлиев Ф.А., Пьянзин А.И., Альбшлави М.М., Кудяшев Н.Х., Зотова Ф.Р. Метрологическая оценка тренировочных и соревновательных упражнений тяжелоатлетов // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20. № 4. С. 111–119. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44428890\\_47600381.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44428890_47600381.pdf) (дата обращения: 30.01.2021).

10. Мишин С.Н., Тихонов В.Ф. Координация дыхания и двигательных действий в упражнении «толчок» гиревого спорта // Вестник спортивной науки. 2009. № 1. С. 12–14.

11. Тихонов В.Ф. Взаимосвязь показателей реакции опоры и пневмограмм дыхания в физических упражнениях // Вестник спортивной науки. 2013. № 3. С. 39–42.