

УДК 796.012.49:612.211

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ В УПРАЖНЕНИИ ГИРЕВОГО СПОРТА «ТОЛЧОК ДВУХ ГИРЬ ПО ДЛИННОМУ ЦИКЛУ»

Тихонов В.Ф.

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

Упражнение «толчок двух гирь по длинному циклу» (ДЦ) является наиболее сложным соревновательным упражнением в гиревом спорте по координации двигательных действий и дыхания. Цель работы – определение особенностей формирования дыхательных циклов в упражнении ДЦ. Принимали участие гиревики I спортивного разряда (I сп. р., $n = 4$), мастера спорта России (МС, $n = 6$) и мастера спорта России международного класса (МСМК, $n = 2$). В работе исследовано локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) дыхательных циклов и двигательных действий. Скорость потока дыхательного воздуха ($\bar{V}(t)$, л/с) регистрировалась спирографом. Синхронно с $\bar{V}(t)$ регистрировались: вертикальная составляющая реакции опоры ($R(t)_{\text{верт}}$, Н) на тензоплатформе, вертикальная составляющая ускорения туловища ($a(t)_{\text{верт}}$, м/с²) с помощью акселерометра и угол сгибания коленного сустава ($\alpha(t)_{\text{кс}}$, град.) с помощью гониометра. Было обнаружено, что области экстремума графиков $R(t)_{\text{верт}}$ повторяются в графиках $a(t)_{\text{верт}}$ независимо от уровня подготовленности гиревиков (8 зубцов максимума и 8 зубцов минимума). МСМК и МС выполняют 8–12 дыхательных циклов, зубцы максимума совпадают с выдохом, а зубцы минимума совпадают со вдохом, подтверждая наличие ЛРС. Гиревики I сп. р. выполняют 3–4 дыхательных цикла без ЛРС. Анализ частотных составляющих полученных данных проводился методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Результаты анализа показали совпадение пиковых частот $\bar{V}(t)$, $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ у МСМК ($n = 2$; 100%) и МС ($n = 4$; 67%). Предполагается, что разность пиковых частот у МС ($n = 2$; 33%) и отсутствие ЛРС у спортсменов I сп. р. зависит от уровня подготовленности в данном упражнении. Формирование произвольных дыхательных циклов в ДЦ подчинено характеру $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$, и оптимально равняется 8, не считая 2–3 дыхательных циклов в статических позах.

Ключевые слова: упражнение «толчок двух гирь по длинному циклу», дыхание, локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС)

FEATURES OF RESPIRATORY CYCLES FORMATION IN «LONG CYCLE» EXERCISE OF KETTLEBELL LIFTING SPORTS

Tikhonov V.F.

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

The «Long Cycle» exercise (LC) is the most difficult competitive exercise in kettlebell sport for the coordination of motor actions and breathing. The purpose of the work is to determine the peculiarities of the respiratory cycle's formation in the LC. The I sports rank kettlebell lifters (I s.r., $n = 4$), the master of sports of Russia (MS, $n = 6$) and the master of sports of Russia of international class (MSIC, $n = 2$) took part. The work investigated the locomotor-respiratory coupling (LRC) of respiratory cycles and motor actions. The respiratory air flow rate ($\bar{V}(t)$, l/s) was recorded with a spirograph. Synchronously with $\bar{V}(t)$ the following parameters were recorded: the vertical component of the support reaction ($R(t)_{\text{vert}}$, N) on the force platform, the vertical component of the torso acceleration ($a(t)_{\text{vert}}$, m/s²) using an accelerometer, and the knee joint flexion angle ($\alpha(t)_{\text{kj}}$, deg.) using a goniometer. It was found that the areas of the extremum of the $R(t)_{\text{vert}}$ graphs are repeated in the $a(t)_{\text{vert}}$ graphs regardless of the fitness level of the kettlebell lifters (8 teeth of the maximum and 8 teeth of the minimum). MSIC and MS perform 8-12 respiratory cycles, the maximum teeth coincide with the exhalation, and the minimum teeth coincide with the inhalation, confirming the presence of LRC. The I s.r. kettlebell lifters perform 3-4 respiratory cycles without LRC. The frequency components analysis of the obtained data was carried out by the fast Fourier transform (FFT) method. The results of the analysis showed the coincidence of the peak frequencies $\bar{V}(t)$, $R(t)_{\text{vert}}$ and $a(t)_{\text{vert}}$ in MSIC ($n = 2$; 100%) and MS ($n = 4$; 67%). The difference between the peak frequencies in MS ($n = 2$; 33%) and the LRC absence in the I s.r. athletes depends on the level of preparedness in this exercise is assumed. The formation of involuntary respiratory cycles in LC is subordinate to the nature of $R(t)_{\text{vert}}$ and $a(t)_{\text{vert}}$, and is optimally equal to 8, not counting 2-3 breathing cycles in static poses.

Keywords: the kettlebell lift «Long Cycle» exercise, breathing, locomotor-respiratory coupling (LRC)

Оптимальная взаимосвязь дыхания и двигательных действий (локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС)) в упражнениях гиревого спорта является необходимым условием эффективного энергообеспечения и экономичности двигательных действий. Известно, что годы

тренировок улучшают и оптимизируют способность поддерживать ЛРС в беге и в других циклических упражнениях. При тесном ЛРС снижаются метаболические затраты и облегчается дыхание [1]. Упражнение «толчок двух гирь по длинному циклу» (ДЦ) является наиболее слож-

ным соревновательным упражнением в гиревом спорте, как по координации динамики движений кинематических звеньев, так и по координации дыхания и двигательных действий спортсмена-гиревика. Большинство опрошенных нами специалистов и спортсменов считают, что дыхание должно совершенствоваться «эволюционным» путем, по мере совершенствования техники упражнений. Довольно редко звучат высказывания, что «невозможно рассматривать совершенствование техники без связи с правильным дыханием. Умение объединять движения с дыханием – неотъемлемая часть техники» [2]. В настоящее время в области гиревого спорта ученых интересуют количественные показатели потребления кислорода (V_{O_2}) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) при интенсивных упражнениях с гирями в сравнении с такими же показателями в других видах спорта [3]. Например, обнаружено, что упражнения с гирями вызывают гораздо более высокую сердечно-легочную и метаболическую реакцию, чем бег на беговой дорожке, выполняемый с аналогичным уровнем V_{O_2} [4]. Небольшое количество работ посвящено определению способов дыхания в упражнениях с гирями по видеоматериалам, где количество дыхательных циклов определяется по характерным для дыхания движениям груди, живота и лопаток [5]. В современном гиревом спорте актуальным является убеждение известного выдающегося гиревика СССР и России А.П. Малькова: «Для эффективной работы системы внешнего дыхания при поднимании гирь, спортсмен в каждом упражнении должен сохранять такую структуру движений, которая, с одной стороны, отвечала бы требованиям рациональной техники, а с другой – полностью обеспечивала бы газообмен в легких, не затрудняя дыхания» [6]. Однако в доступных источниках не отражены биомеханические закономерности и количественные показатели двигательных действий, которые могли бы быть причиной возникновения произвольных дыхательных циклов в спортивных упражнениях [7, 8]. Ранее нами была предпринята попытка определить закономерности ЛРС в упражнениях гиревого спорта «толчок» и «рывок» [9, 10].

Цель исследования – определение особенностей формирования произвольных дыхательных циклов в упражнении «толчок двух гирь по длинному циклу».

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие гиревики I спортивного разряда (I сп. р., $n = 4$), мастера спорта России (МС, $n = 6$) и масте-

ра спорта России международного класса (МСМК, $n = 2$). В работе исследовано локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) на основе взаимосвязи показателей внешнего дыхания и двигательных действий. В качестве показателя внешнего дыхания регистрировалась скорость потока дыхательного воздуха ($\bar{V}(t)$, л/с) с помощью спирографа. Датчик спирографа закреплялся на шлеме. Синхронно с $\bar{V}(t)$ регистрировались показатели двигательных действий: вертикальная составляющая реакции опоры ($R(t)_{\text{верт}}$, Н) на тензоплатформе, вертикальная составляющая ускорения туловища ($a(t)_{\text{верт}}$, м/с²) с помощью акселерометра, закрепленного на поясе и угол сгибания коленного сустава ($\alpha(t)_{\text{кс}}$, град.) с помощью гониометра (рис. 1). Испытуемые выполняли упражнение ДЦ в течение одной минуты с гирями веса 12, 16 и 24 кг. Отдельные зубцы на графиках $R(t)_{\text{верт}}$ и $\alpha(t)_{\text{кс}}$ (рис. 1, А, В) обозначены буквами латинского алфавита: а – исходное положение, b – полуприсед (начало), с – начало выталкивания из полуприседа, d – завершение выталкивания, d1 – подсед, e – вставание из подседа, e1 – начало фиксации, e2 – фиксация, f – начало опускания гирь на грудь, g – опускание гирь на грудь, h – амортизация гирь на груди, i – опускание гирь в замахах («сброс»), j – амортизация гирь, k – завершение замаха, l – подрыв гирь вверх, m – «заброс» гирь на грудь, n – перехват дужек гирь, o – движение в исходное положение.

Положительные значения $\bar{V}(t)$ («Поток») соответствуют фазе выдоха, а отрицательные – фазе вдоха (рис. 1, А, рис. 3, А, В, С). Уменьшение значений $\alpha(t)_{\text{кс}}$ соответствует сгибанию ног в коленных суставах (рис. 1, В). Схематично техника упражнения ДЦ в виде отдельных фаз двигательного действия представлена на рис. 2. Отдельные фазы движений здесь также обозначены буквами латинского алфавита в соответствии с буквенными обозначениями отдельных зубцов на графиках $R(t)_{\text{верт}}$ и $\alpha(t)_{\text{кс}}$ (рис. 1, А и В).

В упражнении ДЦ туловище и конечности человека совершают движения с различной частотой. Анализ частотных характеристик графиков $\bar{V}(t)$, $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ проводился методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Выбор данного метода основан на предположении, что суммарный спектр частотных составляющих $\bar{V}(t)$, $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ будет отражать частотную взаимосвязь этих показателей, и совпадение пиковых частот этих величин можно принимать в качестве критериев оценки эффективности дыхания в упражнении ДЦ.

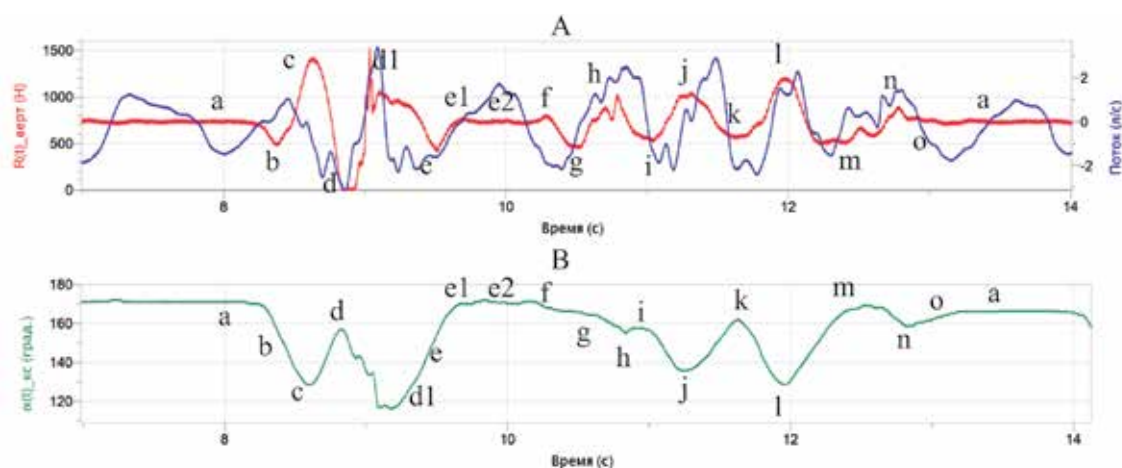


Рис. 1. Синхронные показатели двигательных действий в упражнении «толчок двух гирь по длинному циклу» у спортсмена МС II-ва: А – графики вертикальной составляющей реакции опоры ($R(t)_{\text{верт}}$, Н) и скорости потока дыхательного воздуха $\bar{V}(t)$ («Поток, л/с»); В – график угла в коленном суставе ($a(t)_{\text{кс}}$, град.)

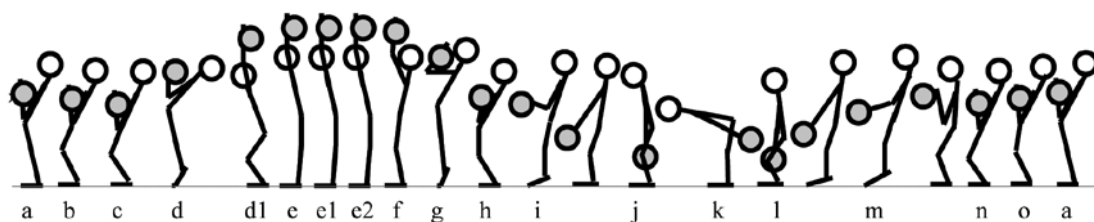


Рис. 2. Схематическое представление основных фаз движения спортсмена-гиревика в соревновательном упражнении «толчок двух гирь по длинному циклу»

Результаты исследования и их обсуждение

Было обнаружено, что области экстремума графиков $R(t)_{\text{верт}}$ повторяются в графиках $a(t)_{\text{верт}}$ независимо от уровня подготовленности гиревиков (рис. 1, рис. 3). $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ имеют разную размерность, а амплитуда показателей $a(t)_{\text{верт}}$ зависит также и от угла наклона туловища. Поэтому амплитудные значения этих графиков мы не оценивали, а определяли точки максимума и минимума. Зубцы, находящиеся выше изолинии «а – е2 – а», характеризуются как точки максимума, а зубцы, находящиеся ниже изолинии «а – е2 – а», характеризуются как точки минимума. Таким образом, точками максимума являются: с, d1, e1, f, h, j, l, n (8 зубцов максимума), а точками минимума являются: b, d, e, g, i, k, m, o (8 зубцов минимума) (рис. 1, рис. 3). Так как измерения проводились синхронно, то временные параметры этих графиков в точности совпадают. Применение тензо-

платформы ограничивалось лабораторными исследованиями вследствие ее стационарности (рис. 1). Поэтому непосредственно в условиях тренировочного процесса спортсменов-гиревиков применялся метод акселерометрии (рис. 3).

В статических позах, для восстановления и сброса напряжения мышц, спортсмен может произвольно выполнить необходимое количество дыхательных циклов (2–5 циклов). Однако в динамической части дыхания носит произвольный характер, определяемый характером изменения усилий. В динамической части упражнения ДЦ у спортсменов МСМК ($n = 2$; 100%) и МС ($n = 4$; 67%) обнаружено 8 дыхательных циклов. Критерием качества дыхания является факт совпадения зубцов максимума с выдохом, а зубцов минимума – со вдохом, который подтверждает наличие ЛРС у спортсменов-гиревиков (рис. 3А, 3В). У гиревиков I сп. р. обнаружено 3–4 дыхательных цикла без ЛРС (рис. 3, С). У некоторых гиревиков уровня МС ($n = 2$; 33%) в дина-

мической части упражнения наблюдается 6–7 дыхательных циклов. Например, спортсмен МС П-в (рис. 1, А) допускает асинхронность дыхания с движениями в фазе полуприседа и выталкивания (интервал «в–с») и перед опусканием гирь в точке «f».

Далее был проведен спектральный анализ графиков вертикальной составляющей реакции опоры $R(t)_{\text{верт}}$ и ускорения движения туловища $a(t)_{\text{верт}}$, а также скорости потока дыхательного воздуха $\bar{V}(t)$ (рис. 4 А, В, С).

Результаты анализа методом БПФ показали совпадение пиковых частот $\bar{V}(t)$ и $a(t)_{\text{верт}}$ у МСМК (n = 2; 100%) и МС (n = 4; 67%) (рис. 4, А). Совпадение пиковых частот вертикальной составляющей реакции опоры $R(t)_{\text{верт}}$ (рис. 1), ускорения туловища $a(t)_{\text{верт}}$ (рис. 2) с диапазонами пиковых частот потока дыхательного воздуха $\bar{V}(t)$ на оси абсцисс свидетельствует о наличии тесного ЛРС у испытуемых.

Для того чтобы перевести пиковую частоту $a(t)_{\text{верт}}$, измеряемую в Гц, в значение количества движения в минуту, необходимо выполнить преобразование. Например, на рис. 4, А, пиковые значения

частоты «Потока» и $a(t)_{\text{верт}}$ примерно равны $1,5 \text{ Гц} \cdot 60 \text{ с} = 90 \text{ 1/мин}$. Следовательно, если у МСМК на графике $a(t)_{\text{верт}}$ 8 областей экстремума, то путем деления находим $90:8 = 11,25$. Полученный результат показывает темп подъемов гирь, равный примерно 11 подъемам за одну минуту. Значение 90 1/мин также указывает на частоту дыхания испытуемого в упражнении ДЦ, равный 90 дыхательным циклам за одну минуту.

Разность пиковых частот «Потока» и $a(t)_{\text{верт}}$ у МС (n = 2; 33%), на наш взгляд, зависит от уровня подготовленности спортсменов-гиревиков в данном упражнении (рис. 4, В).

Нами выдвигается предположение, что качество дыхания, определяемое как сближение диапазонов частот $\bar{V}(t)$ с диапазонами частот $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ на оси абсцисс, возрастает по мере повышения подготовленности в соревновательный период и снижается в переходном и в подготовительном этапах спортивной подготовки. Также предполагается, что это зависит от степени эффективности и экономичности двигательных действий в упражнении ДЦ.

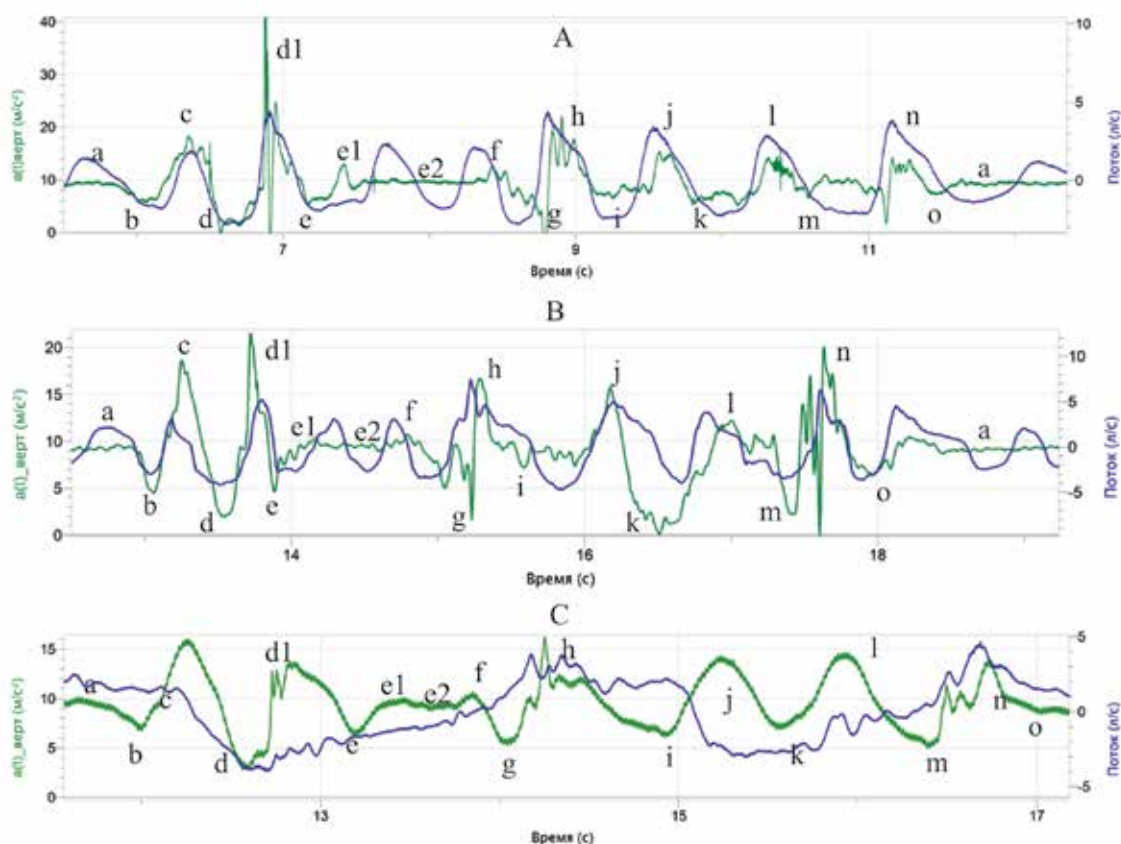


Рис. 3. Графики взаимосвязи вертикальной составляющей ускорения ($a(t)_{\text{верт}}$) и скорости потока дыхательного воздуха (Поток): А – МСМК Г-ев; В – МС Л-ов; С – гиревик I сп. р. К-ев

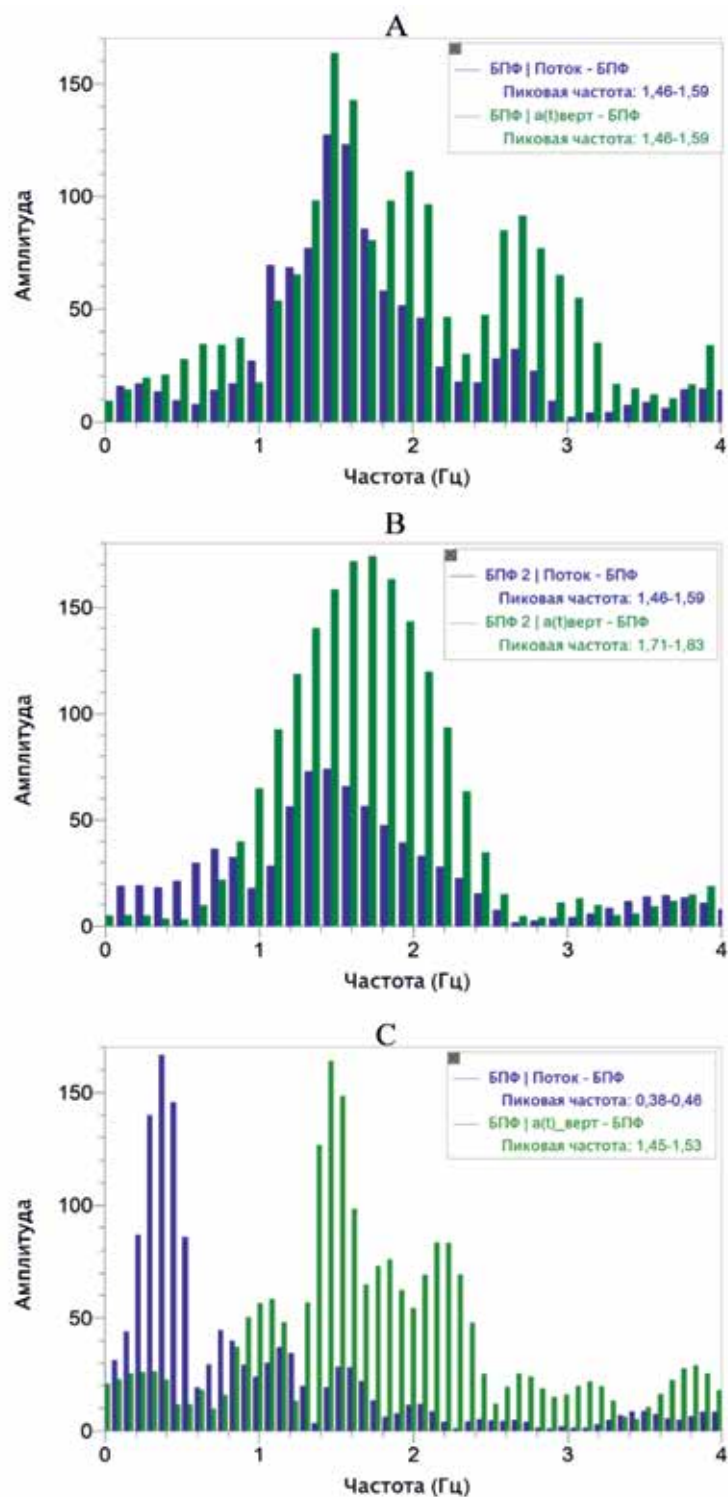


Рис. 4. Графики спектрального анализа методом БПФ ускорения $a(t)_{\text{верт}}$ и потока дыхательного воздуха: А – МСМК Г-ев; В – МС Л-ов; С – гиревик I сп. р. К-ев

Пример отсутствия ЛРС проведен на рис. 4, С. Пиковая частота в диапазоне 0,38–0,46 Гц указывает на то, что спортсмен дышит глубоко и медленно. Частота дыхания

колеблется в диапазоне от $22 \pm 0,8$ 1/мин до $27 \pm 0,6$ 1/мин при частотной составляющей $a(t)_{\text{верт}}$ 1,5 Гц*60 с = 90 1/мин. Таким образом, спортсмен I сп. р. при высо-

ком темпе подъемов гирь 11 раз в минуту дышит примерно, с такой частотой дыхания, как в покое, но с большими значениями дыхательного объема. Но такое дыхание может привести к быстрому утомлению дыхательных мышц и к гипервентиляции.

Заключение

Области экстремума графиков вертикальной составляющей реакции опоры $R(t)_{\text{верт}}$ повторяются в графиках вертикальной составляющей ускорения туловища $a(t)_{\text{верт}}$ независимо от уровня подготовленности гиревиков, что позволяет использовать мобильного акселерометра вместо стационарной тензоплатформы.

Критерием качества дыхания является факт совпадения зубцов максимума $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ с выдохом, а зубцов минимума – со вдохом, который подтверждает наличие ЛРС у спортсменов-гиревиков.

Совпадение пиковых частот вертикальной составляющей реакции опоры, вертикальной составляющей ускорения туловища и потока дыхательного воздуха показал, что у спортсменов-гиревиков высокой квалификации имеется тесное локомоторно-респираторное сопряжение дыхательных движений с проявляемыми усилиями в упражнении ДЦ.

Разность пиковых частот $\bar{V}(t)$ и $a(t)_{\text{верт}}$ у МС ($n = 2$; 33%) и отсутствие ЛРС у спортсменов I сп. р. ($n = 4$, 100%) зависит от уровня подготовленности в данном упражнении.

Количество произвольных дыхательных циклов в упражнении ДЦ связано с характером изменения $R(t)_{\text{верт}}$ и $a(t)_{\text{верт}}$ и оптимально равняется 8, не считая 2–3 дыхательных циклов в статических позах, в закономерном сопряжении с усилиями.

Список литературы

1. Fulton T.J., Paris H.L., Stickford A.S.L., Gruber A.H., Mickleborough T.D., Chapman R.F. Locomotor-respiratory coupling is maintained in simulated moderate altitude in trained distance runners. *J Appl Physiol*. 2018. Vol. 125. P. 1–7. DOI: 10.1152/jappphysiol.01122.2017.
2. Мальков А.П. Оптимизация вариативности двигательных способностей гиревика // Физическое воспитание и спорт в высших учебных заведениях: сборник статей XIII международной научной конференции. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 34–37.
3. Chan M., MacInnis M.J., Koch S., MacLeod K.E., Lohse K.R., Gallo M.E., Sheel A.W. and Koehle M.S. Cardiorespiratory demand of 16-kg kettlebell snatches in simulated Girevoy Sport. *J Strength Cond Res*. 2020. Vol. 34(6). P. 1625–1633. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002588.
4. Greco D., Calanni L., Cerullo G. et al. Comparison of Cardiorespiratory and Metabolic Responses Between Kettlebell Half Marathon and Treadmill Running at the Same Average Oxygen Consumption: A Case Study. *J. of SCI. IN SPORT AND EXERCISE*. 2020. DOI: 10.1007/s42978-020-00084-z.
5. Муминов В.И., Сотников Е.С. Влияние дыхания на спортивный результат спортсменов-гиревиков // Спорт – дорога к миру между народами: материалы III Международной научно-практической конференции 17–19 октября 2017 г. / Под ред. Х.Ф. Насралла. М.: РГУФКСМиТ, 2017. С. 183–188.
6. Мальков А.П. Учет особенностей базовых физиологических изменений в процессе занятий гиревым спортом // Культура физическая и здоровье современной молодежи: материалы II Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2019. С. 207–211.
7. Симень В.П. Особенности средств спортивной подготовки гиревиков // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 5. С. 145–149.
8. Симень В.П. Совершенствование техники рывка в гиревом спорте // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28589> (дата обращения: 20.05.2021).
9. Тихонов В.Ф. Локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) в упражнении гиревого спорта «толчок» // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 3. С. 215–219. DOI: 10.17513/snt.38559.
10. Тихонов В.Ф. Локомоторно-респираторное сопряжение (ЛРС) в упражнении гиревого спорта «рывок» // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 241–245. DOI: 10.17513/snt.38647.