

## СВЯЗЬ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ С КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ БЕГА БИАТЛОНИСТОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

**Е.Б. Мякинченко**, [eugst@yandex.ru](mailto:eugst@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0003-1184-9694>

**М.В. Волков**, [volkov.m.v@vniifk.ru](mailto:volkov.m.v@vniifk.ru), <http://orcid.org/0009-0007-7552-2013>

**С.С. Миссина**, [missina.s.s@vniifk.ru](mailto:missina.s.s@vniifk.ru), <http://orcid.org/0000-0003-1226-5914>

**А.С. Крючков**, [kruchkova\\_an@mail.ru](mailto:kruchkova_an@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-9423-8092>

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

**Аннотация.** **Цель:** определить взаимосвязь показателей телосложения и физической подготовленности с кинематикой бега на лыжах у биатлонистов высокого класса. **Материалы и методы.** У 61 биатлониста в период сезонов 2018/19–2024/25 гг. в конце подготовительного периода протестирована физическая подготовленность по 34 показателям. При помощи видеосъемки в условиях соревнований тех же сезонов определялись 26 параметров одновременного одношажного конькового хода (ООКХ) с коррекцией на условия скольжения. **Результаты.** Биатлонисты с большей массой и долей мышц, лучшими показателями силовой подготовленности бежали с более коротким прокатом, более длинным отталкиванием, но имели большую амплитуду работы в суставах ног. Лучшие показатели аэробных возможностей в целом ассоциировались с большей частотой шагов, меньшим прокатом, более низким положением центра масс тела и меньшими характеристиками «активности отталкивания», но наблюдалась достаточно большая разница между структурой взаимосвязей показателей, тестируемых в беге и на лыжном эргометре. **Заключение.** Кинематические характеристики ООКХ биатлонистов взаимосвязаны с показателями физической подготовленности. Это позволяет выдвинуть гипотезу о возможности влияния на кинематические параметры бега, от которых непосредственно зависит дистанционная скорость, путем не только технической, но и целенаправленной физической подготовки. Реализация задачи предполагает разработку методики моторного обучения и переобучения с использованием средств воздействия на характеристики нервно-мышечного аппарата спортсменов.

**Ключевые слова:** биатлон, физическая подготовленность, биомеханика бега на лыжах, высококвалифицированные спортсмены

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00021-26 (тема № 001-25/9).

**Для цитирования:** Связь телосложения и физической подготовленности с кинематическими характеристиками бега биатлонистов высокого класса / Е.Б. Мякинченко, М.В. Волков, С.С. Миссина, А.С. Крючков // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № 3. С. 107–116. DOI: 10.14529/hsm260313

## CORRELATION BETWEEN BODY COMPOSITION, PHYSICAL FITNESS, AND V2 KINEMATICS IN ELITE BIATHLETES

**E.B. Myakinchenko**, eugst@yandex.ru, <http://orsid.org/0000-0003-1184-9694>

**M.V. Volkov**, volkov.m.v@vniifk.ru, <http://orsid.org/0009-0007-7552-2013>

**S.S. Missina**, missina.s.s@vniifk.ru, <http://orsid.org/0000-0003-1226-5914>

**A.S. Kriuchkov**, kruchkova\_an@mail.ru, <http://orsid.org/0000-0001-9423-8092>

*Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia*

**Abstract. Aim.** This paper aims to identify the correlation between body composition, physical fitness, and cross-country skiing kinematics in elite biathletes. **Materials and methods.** This study involved 61 biathletes across the 2018/19 to 2024/25 seasons, with physical fitness assessed on 34 parameters at the end of the preparatory period. Using video recording under competitive conditions during the same seasons, 26 parameters of the one-step skating technique (V2) were determined, adjusted for sliding conditions. **Results.** Biathletes with greater body mass, higher muscle percentage, and better strength fitness had shorter glide length, longer push-off, and greater leg joint amplitude. Greater aerobic capacity was associated with higher step frequency, shorter glide length, a lower center of mass, and smaller push-off characteristics, but a considerable difference was observed between the correlation structures of parameters measured during running and on a ski ergometer. **Conclusion.** V2 kinematic characteristics in biathletes are associated with physical fitness. This allows us to hypothesize that running kinematics, on which race speed directly depends, can be influenced not only by technical training but also by targeted physical training. Achieving this goal requires the development of a motor training and retraining methodology using means that affect the neuromuscular characteristics of athletes.

**Keywords:** biathlon, body composition, skiing biomechanics, elite athletes

**Acknowledgements.** This work was carried out as part of the state assignment of the Federal Science Center of Physical Culture and Sport No. 777-00021-26 (topic No. 001-25/9).

**For citation:** Myakinchenko E.B., Volkov M.V., Missina S.S., Kriuchkov A.S. Correlation between body composition, physical fitness, and V2 kinematics in elite biathletes. *Human. Sport. Medicine*. 2026;26(3):107–116. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm260313

**Введение.** В теории спортивной подготовки достаточно хорошо устоялись представления, что определенный уровень физической подготовленности необходим для овладения тем или иным вариантом спортивной техники, а также что телосложение и особенности физической подготовленности прямо влияют на биомеханические параметры движений в разных видах спорта.

В то же время гораздо меньше обсуждается положение, высказанное Ю.В. Верхошанским [1], что спортивный результат – это продукт конкретной системы движений, а все стороны подготовленности так или иначе выражаются в таком «способе решения двигательной задачи». Следовательно, можно ставить вопрос, что вся подготовка (физическая и технико-тактическая) должна строиться в контексте направленного влияния именно на те параметры техники, от которых непосредственно зависит спортивный результат.

Тем не менее «физическая подготовка» и «технико-тактическая подготовка» чаще рассматриваются как относительно независимые стороны целостного тренировочного процесса. Кроме этого, для практики необходимо понимание: какие параметры физической подготовленности в существенной степени влияют на биомеханические характеристики соревновательного упражнения спортсменов? В то же время, на сколько нам известно, в циклических видах спорта вопрос взаимосвязи физической подготовленности и биомеханических параметров движений целенаправленно изучался: в одной работе – в беге [3], в одной работе – при беге на лыжероллерах на тротуаре [4] и в нашем предварительном исследовании – в биатлоне [2]. Особенностью последней работы были: малая выборка ( $n = 21$ ); ограниченное количество изучаемых показателей; искусственное приведение кинематических параметров к одинаковой скорости

бега. В то же время очевидно, что спортивный результат выражается прежде всего в различной скорости бега лидеров и аутсайдеров, то есть нивелирование данного фактора ограничивает информативность полученных результатов. Однако различия в скольжении в разных гонках всегда существуют и могут приводить к разнице в скорости бега одних и тех же спортсменов на равнинном участке трассы до 1,5 м/с. Это существенно затрудняет сопоставление показателей кинематики бега, полученных в разных гонках.

В настоящем исследовании последняя проблема была преодолена путем косвенного вычисления и учета «коэффициента скольжения» для каждой гонки, в которой регистрировались параметры кинематики ООКХ биатлонистов высокого класса в соревновательных условиях. Это позволило поставить перед исследованием цель: определить взаимосвязи между показателями телосложения, физической подготовленности и кинематики ООКХ.

**Материалы и методы.** В работе использовались данные мужчин-биатлонистов сборных команд России по биатлону ( $n = 61$ ; возраст =  $25,45 \pm 2,2$  г.; длина тела =  $1,77 \pm 0,05$  м) сезонов 2018/19–2024/25 гг., для которых имелись записи не менее чем двух гонок на разных соревнованиях одного сезона и данные нескольких обследований параметров физической подготовленности в тот же сезон, когда проводилась съемка.

**Тестирование физической подготовленности.** Подробно процедуры тестирования и расчета 34 показателей в рамках этапных комплексных обследований спортсменов сборных команд России подробно описаны ранее [2, 5]. Коротко: антропометрические измерения проводились по модифицированному методу Матейки. Распределение тощей массы оценивалось путем расчета масс-инерционных характеристик сегментов тела по методу Зацiorского – Селуянова. Вентиляторный АНП, значение МПК, индексы ударного объема сердца и минутного кровотока определялись по динамике параметров газоанализа (MetaLyzer3B, Cortex Biophysik GmbH, Германия) и ЧСС (Polar RS800CX, Polar Electro Oy, Финляндия) в двух тестах со ступенчато-возрастающей нагрузкой: а) при работе на лыжном эргометре (Concept-2, INC, США); б) в беге с лыжными палками на третбане Fitnex (Fitnex Master, INC., США). Силовые и мощностные показатели мышц плечевого

пояса и рук тестировались в упражнениях на том же лыжном эргометре. Динамическая сила мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава при угловой скорости 60 град/с – на Biodex System 4 Pro (Biodex Medical Systems, Inc., США). Взрывная сила мышц ног – в прыжковом тесте с использованием линейного энкодера MuscleLab (Ergotest Innovation A.S., Норвегия), пиковая анаэробная (алактатная) мощность – на велоэргометре Monark 894E (Monark Exercise AB, Швеция).

**Методика видеосъемки и расчета кинематических показателей ООКХ.** Методика подробно описана ранее [2]. Коротко: видеосъемка проводилась на всех кругах спринтерских и индивидуальных гонок в условиях крупнейших российских и международных соревнований с частотой 50 Гц на тех участках, где спортсмены использовали ООКХ. Каждый беговой цикл в программе Dartfish Pro Suite 6 разделялся на активный период (с фазами отталкивания руками и ногой) и пассивный период со свободным скольжением (прокатом). Вычислялись 26 показателей: длительность каждой фазы и их отношение к прокату; в моменты постановки и отрыва палок от опоры определялся угол в плечевом суставе (ПС); при постановке палок и в нижней точке сгибания определялись углы в коленном (КС) и тазобедренном (ТБС) суставах; угол отталкивания палками определялся в конце контакта палок с опорой; «рассогласование» рассчитывалось по времени между постановкой палок на опору и началом отталкивания ногой. В табл. 1 и 2 показатели в момент постановки палок имеют индекс «1», в нижней точке сгибания КС – индекс «2», при отрыве палок от опоры – индекс «3».

**Математико-статистические методы.** Оценка различий в условиях скольжений в разных гонках строилась на предположении, что одни и те же лучшие пять биатлонистов России, которые участвовали в крупнейших международных и внутренних соревнованиях в рамках всего периода наблюдения (2018/19–2024/25 гг.), бежали бы в среднем по группе с одинаковой скоростью. При таком подходе вычислялась средняя скорость за весь период на участках, где производилась съемка (5,84 м/с), а также величина отклонения средней скорости для каждой гонки ( $X_i$ ) от общей средней по формуле  $\Delta \text{ м/с} = 5,84 \text{ м/с} - X_i$ . Далее с учетом корреляции между кинематикой и скоростью [2] каждое значение параметра у каждого

Таблица 1  
Table 1

Значения коэффициентов корреляции между телосложением, физической подготовленностью и пространственно-временными показателями  
Correlation coefficients between body composition, physical fitness, and spatiotemporal parameters

| Показатель<br>Parameter                                                           | Длина шагов, м<br>Step length, m | Частота шагов, шт/мин<br>Step frequency, st/min | S проката, м<br>Gliding length, m | S отталкивания палками, м<br>Poling length, m | S отталкивания ногой, м<br>Leg push-off length, m | S отталкивания ногой, м<br>Total push-off length, m | t отталкивания общее, с<br>Total push-off time, s | t расинхронизации, с<br>Resynchronization time, s | t проката, с<br>Gliding duration, s | t отталкивания палками, с<br>Poling duration, s | t отталкивания ногой, с<br>Leg push-off duration, s |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Длина тела, м<br>Body height, kg                                                  | <b>0,25</b>                      | <b>-0,27</b>                                    | 0,12                              | 0,18                                          | 0,19                                              | 0,22                                                | 0,21                                              | 0,20                                              | 0,10                                | 0,12                                            | 0,19                                                |
| Мышечный компонент тела, %<br>Muscle mass, %                                      | 0,13                             | 0,09                                            | -0,11                             | 0,08                                          | <b>0,34</b>                                       | <b>0,27</b>                                         | 0,15                                              | -0,09                                             | <b>-0,26</b>                        | -0,08                                           | <b>0,30</b>                                         |
| Жировой компонент тела, %<br>Body fat, %                                          | <b>-0,27</b>                     | 0,17                                            | -0,06                             | <b>-0,31</b>                                  | -0,21                                             | <b>-0,31</b>                                        | -0,23                                             | -0,17                                             | 0,03                                | -0,18                                           | -0,17                                               |
| Тоший объем верхней части тела, %<br>Upper body lean mass, %                      | -0,07                            | 0,12                                            | -0,20                             | 0,22                                          | 0,07                                              | 0,16                                                | 0,17                                              | <b>-0,30</b>                                      | <b>-0,31</b>                        | 0,19                                            | 0,07                                                |
| Тоший объем нижней части тела, %<br>Lower body lean mass, %                       | 0,04                             | -0,01                                           | -0,17                             | 0,23                                          | 0,16                                              | 0,23                                                | 0,23                                              | -0,21                                             | -0,23                               | 0,19                                            | 0,15                                                |
| Сила мышц нижней части тела, Н·м/кг<br>Lower body strength, N·m/kg                | 0,15                             | -0,15                                           | -0,07                             | 0,15                                          | <b>0,33</b>                                       | <b>0,30</b>                                         | <b>0,31</b>                                       | 0,20                                              | -0,14                               | 0,11                                            | <b>0,35</b>                                         |
| Взрывная сила нижней части тела Вт/кг<br>Lower body explosive strength, W/kg      | 0,18                             | -0,19                                           | -0,05                             | <b>0,37</b>                                   | 0,16                                              | <b>0,30</b>                                         | <b>0,29</b>                                       | <b>-0,33</b>                                      | -0,11                               | <b>0,31</b>                                     | 0,14                                                |
| Анаэробная мощность нижней части тела, Вт/кг<br>Lower body anaerobic power, W/kg  | 0,05                             | -0,15                                           | -0,02                             | 0,09                                          | 0,11                                              | 0,12                                                | 0,17                                              | -0,24                                             | -0,02                               | 0,13                                            | 0,14                                                |
| Сила мышц верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body strength, W/kg                  | 0,12                             | 0,09                                            | -0,24                             | 0,20                                          | <b>0,48</b>                                       | <b>0,43</b>                                         | <b>0,34</b>                                       | -0,03                                             | <b>-0,44</b>                        | 0,04                                            | <b>0,46</b>                                         |
| Быстрая сила верхней части тела, Вт·с/кг<br>Upper body speed strength, W·s/kg     | 0,22                             | -0,23                                           | 0,03                              | <b>0,30</b>                                   | 0,19                                              | <b>0,29</b>                                         | <b>0,27</b>                                       | -0,04                                             | -0,02                               | 0,22                                            | 0,19                                                |
| Анаэробная мощность верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body anaerobic power, W/kg | <b>0,25</b>                      | -0,24                                           | -0,10                             | <b>0,36</b>                                   | <b>0,47</b>                                       | <b>0,51</b>                                         | <b>0,50</b>                                       | -0,17                                             | <b>-0,25</b>                        | <b>0,26</b>                                     | <b>0,49</b>                                         |

Окончание табл. 1  
Table 1 (end)

| Показатель<br>Parameter                                                                            | Длина шагов, м<br>Step length, m | Частота шагов, шт/мин<br>Step frequency, st/min | S проката, м<br>Gliding length, m | S отталкивания палками, м<br>Poling length, m | S отталкивания ногой, м<br>Leg push-off length, m | S отталкивания ногой, м<br>Total push-off length, m | t отталкивания общее, с<br>Total push-off time, s | t расинхронизации, с<br>Resynchronization time, s | t проката, с<br>Gliding duration, s | t отталкивания палками, с<br>Poling duration, s | t отталкивания ногой, с<br>Leg push-off duration, s |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Индекс ударного объема сердца при беге, у. е.<br>Running stroke volume index, a. u.                | -0,02                            | -0,02                                           | 0,15                              | -0,22                                         | -0,10                                             | -0,18                                               | -0,16                                             | <b>0,51</b>                                       | 0,22                                | -0,16                                           | -0,09                                               |
| Индекс минутного объема кровотока при беге, у. е.<br>Running cardiac output index, a. u.           | -0,10                            | 0,05                                            | 0,00                              | -0,22                                         | -0,04                                             | -0,14                                               | -0,09                                             | <b>0,55</b>                                       | 0,07                                | -0,14                                           | -0,01                                               |
| Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг<br>VO <sub>2</sub> max, ml/min/kg                    | -0,16                            | <b>0,39</b>                                     | -0,05                             | <b>-0,43</b>                                  | 0,06                                              | -0,18                                               | <b>-0,29</b>                                      | <b>0,42</b>                                       | -0,10                               | <b>-0,49</b>                                    | 0,02                                                |
| O <sub>2</sub> -пульс при беге на АНП, мл/уд.<br>Running AnT O <sub>2</sub> pulse, mL/stroke       | -0,19                            | <b>0,32</b>                                     | 0,03                              | <b>-0,44</b>                                  | -0,17                                             | <b>-0,34</b>                                        | <b>-0,40</b>                                      | <b>0,54</b>                                       | 0,08                                | <b>-0,43</b>                                    | -0,19                                               |
| VO <sub>2</sub> АНП при беге, мл/кг/мин<br>Running VO <sub>2</sub> AnT, ml/min/kg                  | -0,20                            | <b>0,46</b>                                     | -0,09                             | <b>-0,42</b>                                  | -0,03                                             | -0,24                                               | <b>-0,37</b>                                      | <b>0,49</b>                                       | -0,12                               | <b>-0,49</b>                                    | -0,08                                               |
| Мощность АНП при беге, Вт/кг<br>Running AnT power, W/kg                                            | -0,04                            | <b>0,28</b>                                     | 0,08                              | -0,20                                         | -0,03                                             | -0,13                                               | <b>-0,27</b>                                      | <b>0,52</b>                                       | -0,02                               | <b>-0,32</b>                                    | -0,10                                               |
| O <sub>2</sub> -пульс верхней части тела, мл/уд.<br>Upper body AnT O <sub>2</sub> pulse, mL/stroke | -0,14                            | 0,22                                            | -0,19                             | 0,17                                          | -0,03                                             | 0,06                                                | 0,06                                              | <b>-0,27</b>                                      | <b>-0,31</b>                        | 0,15                                            | -0,05                                               |
| VO <sub>2</sub> на АНП верхней части тела, мл/кг/мин<br>Upper body VO <sub>2</sub> AnT, ml/min/kg  | -0,15                            | <b>0,29</b>                                     | <b>-0,29</b>                      | 0,16                                          | 0,10                                              | 0,15                                                | 0,12                                              | <b>-0,34</b>                                      | <b>-0,46</b>                        | 0,11                                            | 0,07                                                |
| Мощность АНП верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body AnT power, W/kg                               | 0,21                             | -0,04                                           | -0,06                             | <b>0,39</b>                                   | <b>0,36</b>                                       | <b>0,45</b>                                         | <b>0,35</b>                                       | <b>-0,38</b>                                      | <b>-0,32</b>                        | 0,21                                            | <b>0,31</b>                                         |
| Эффективность верхней части тела, %<br>Upper body economy, %                                       | <b>0,40</b>                      | <b>-0,35</b>                                    | 0,24                              | <b>0,31</b>                                   | <b>0,31</b>                                       | <b>0,37</b>                                         | <b>0,29</b>                                       | -0,11                                             | 0,10                                | 0,16                                            | <b>0,28</b>                                         |
| Фитнес индекс, у. е.<br>Fitness index, a. u.                                                       | -0,20                            | <b>0,53</b>                                     | <b>-0,28</b>                      | -0,17                                         | 0,17                                              | 0,03                                                | -0,11                                             | 0,21                                              | <b>-0,46</b>                        | <b>-0,30</b>                                    | 0,11                                                |

Таблица 2  
Table 2

Значения коэффициентов корреляции между телосложением, физической подготовленностью и угловыми показателями  
Correlation coefficients between body composition, physical fitness, and angular parameters

| Показатель<br>Parameter                                                           | Угол наклона, град<br>Poles angle, deg | Угол в ТБС1, град<br>Hip joint angle1, deg | Угол в ТБС2, град<br>Hip joint angle2, deg | Амплитуда в ТБС, град<br>Hip joint amplitude, deg | Угол в КС1, град<br>Knee joint angle1, deg | Угол в КС2, град<br>Knee joint angle2, deg | Амплитуда в КС, град<br>Knee joint amplitude, deg | Угол в ПС1, град<br>Shoulder joint angle1, deg | Угол в ПС3, град<br>Shoulder joint angle3, deg | Амплитуда в ПС, град<br>Shoulder joint amplitude, deg |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Длина тела, м<br>Body length, kg                                                  | <b>0,36</b>                            | -0,20                                      | 0,05                                       | -0,19                                             | <b>-0,26</b>                               | 0,02                                       | <b>-0,26</b>                                      | -0,12                                          | 0,09                                           | -0,08                                                 |
| Мышечный компонент тела, %<br>Muscle mass, %                                      | 0,09                                   | 0,09                                       | 0,09                                       | -0,04                                             | <b>0,39</b>                                | 0,17                                       | 0,24                                              | -0,06                                          | -0,10                                          | -0,10                                                 |
| Жировой компонент тела, %<br>Body fat, %                                          | -0,06                                  | 0,01                                       | -0,05                                      | 0,06                                              | 0,03                                       | 0,00                                       | 0,03                                              | -0,06                                          | -0,16                                          | -0,13                                                 |
| Тоший объем верхней части тела, %<br>Upper body lean mass, %                      | -0,05                                  | 0,08                                       | -0,01                                      | 0,07                                              | <b>0,26</b>                                | 0,24                                       | 0,05                                              | <b>-0,26</b>                                   | -0,14                                          | <b>-0,33</b>                                          |
| Тоший объем нижней части тела, %<br>Lower body lean mass, %                       | 0,17                                   | 0,00                                       | 0,06                                       | -0,06                                             | 0,05                                       | 0,11                                       | -0,05                                             | <b>-0,27</b>                                   | 0,06                                           | -0,24                                                 |
| Сила мышц нижней части тела, Н·м/кг<br>Lower body strength, N·m/kg                | -0,10                                  | -0,05                                      | <b>-0,38</b>                               | <b>0,35</b>                                       | 0,03                                       | <b>-0,28</b>                               | <b>0,26</b>                                       | 0,05                                           | 0,04                                           | 0,07                                                  |
| Взрывная сила нижней части тела Вт/кг<br>Lower body explosive strength, W/kg      | -0,10                                  | 0,17                                       | -0,20                                      | <b>0,32</b>                                       | 0,16                                       | 0,06                                       | 0,10                                              | <b>-0,27</b>                                   | -0,06                                          | <b>-0,30</b>                                          |
| Анаэробная мощность нижней части тела, Вт/кг<br>Lower body anaerobic power, W/kg  | -0,17                                  | 0,12                                       | <b>-0,26</b>                               | <b>0,35</b>                                       | 0,15                                       | 0,03                                       | 0,12                                              | -0,15                                          | -0,22                                          | <b>-0,25</b>                                          |
| Сила мышц верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body strength, W/kg                  | -0,03                                  | <b>0,38</b>                                | -0,01                                      | <b>0,28</b>                                       | <b>0,25</b>                                | -0,07                                      | <b>0,30</b>                                       | 0,00                                           | -0,07                                          | -0,03                                                 |
| Быстрая сила верхней части тела, Вт·с/кг<br>Upper body speed strength, W·s/kg     | 0,24                                   | 0,09                                       | -0,05                                      | 0,12                                              | -0,06                                      | 0,02                                       | -0,07                                             | -0,07                                          | -0,15                                          | -0,13                                                 |
| Анаэробная мощность верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body anaerobic power, W/kg | 0,15                                   | <b>0,27</b>                                | -0,12                                      | <b>0,32</b>                                       | <b>0,37</b>                                | 0,18                                       | 0,20                                              | <b>-0,32</b>                                   | -0,14                                          | <b>-0,39</b>                                          |

Окончание табл. 2  
Table 2 (end)

| Показатель<br>Parameter                                                                           | Угол палок, град<br>Poles angle, deg | Угол в ТС1, град<br>Hip joint angle1, deg | Угол в ТС2, град<br>Hip joint angle2, deg | Амплитуда в ТС, град<br>Hip joint amplitude, deg | Угол в КС1, град<br>Knee joint angle1, deg | Угол в КС2, град<br>Knee joint angle2, deg | Амплитуда в КС, град<br>Knee joint amplitude, deg | Угол в ПС1, град<br>Shoulder joint angle1, deg | Угол в ПС3, град<br>Shoulder joint angle3, deg | Амплитуда в ПС, град<br>Shoulder joint amplitude, deg |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Индекс ударного объема сердца при беге, у. е.<br>Running stroke volume index, a. u.               | -0,01                                | 0,02                                      | 0,10                                      | -0,10                                            | -0,47                                      | -0,26                                      | -0,24                                             | 0,22                                           | 0,39                                           | 0,40                                                  |
| Индекс минутного объема кровотока при беге, у. е.<br>Running cardiac output index, a. u.          | -0,20                                | 0,08                                      | 0,06                                      | -0,01                                            | -0,39                                      | -0,22                                      | -0,20                                             | 0,27                                           | 0,37                                           | 0,44                                                  |
| Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг<br>VO <sub>2</sub> max, ml/min/kg                   | -0,29                                | -0,01                                     | 0,11                                      | -0,12                                            | -0,12                                      | -0,20                                      | 0,04                                              | 0,50                                           | 0,04                                           | 0,53                                                  |
| О2-пульс при беге на АНП, мл/уд.<br>Running AnT O <sub>2</sub> pulse, mL/stroke                   | -0,17                                | -0,04                                     | 0,20                                      | -0,23                                            | -0,43                                      | -0,42                                      | -0,07                                             | 0,50                                           | 0,20                                           | 0,60                                                  |
| VO <sub>2</sub> АНП при беге, мл/кг/мин<br>Running VO <sub>2</sub> AnT, ml/min/kg                 | -0,36                                | 0,06                                      | 0,18                                      | -0,14                                            | -0,22                                      | -0,40                                      | 0,11                                              | 0,55                                           | 0,02                                           | 0,57                                                  |
| Мощность АНП при беге, Вт/кг<br>Running AnT power, W/kg                                           | -0,24                                | 0,01                                      | 0,20                                      | -0,19                                            | -0,12                                      | -0,32                                      | 0,15                                              | 0,40                                           | 0,06                                           | 0,43                                                  |
| О2-пульс верхней части тела, мл/уд.<br>Upper body AnT O <sub>2</sub> pulse, mL/stroke             | 0,19                                 | -0,10                                     | -0,12                                     | 0,05                                             | 0,00                                       | -0,03                                      | 0,02                                              | -0,25                                          | 0,26                                           | -0,14                                                 |
| VO <sub>2</sub> на АНП верхней части тела, мл/кг/мин<br>Upper body VO <sub>2</sub> AnT, ml/min/kg | 0,01                                 | -0,08                                     | -0,30                                     | 0,25                                             | 0,32                                       | 0,08                                       | 0,24                                              | -0,23                                          | -0,08                                          | -0,27                                                 |
| Мощность АНП верхней части тела, Вт/кг<br>Upper body AnT power, W/kg                              | 0,14                                 | 0,12                                      | -0,21                                     | 0,31                                             | 0,28                                       | 0,10                                       | 0,18                                              | -0,47                                          | -0,02                                          | -0,48                                                 |
| Эффективность верхней части тела, %<br>Upper body economy, %                                      | 0,16                                 | 0,22                                      | 0,05                                      | 0,10                                             | -0,01                                      | 0,05                                       | -0,05                                             | -0,31                                          | 0,07                                           | -0,28                                                 |
| Фитнес индекс, у. е.<br>Fitness index, a. u.                                                      | -0,23                                | 0,01                                      | -0,05                                     | 0,06                                             | 0,01                                       | -0,26                                      | 0,22                                              | 0,22                                           | 0,02                                           | 0,23                                                  |

Примечание. АНП – анаэробный порог; VO<sub>2</sub> – потребление кислорода; t – время; S – путь; жирным выделены значения, достоверные при  $\alpha = 0,05$ .

Note. AnT – anaerobic threshold; VO<sub>2</sub> – oxygen consumption; t – duration; S – length; statistically significant values ( $\alpha = 0,05$ ) are shown in bold.

спортсмена корректировалось на величину отклонения скорости в данной гонке ( $\Delta$  м/с) от средней скорости за сезон с использованием метода регрессионных остатков, как описано ранее [2]. Это позволило в существенной степени нивелировать различия в условиях скольжения, но с сохранением различий по скорости бега между спортсменами. Интегральный показатель (фитнес-индекс) рассчитывался как средняя арифметическая нормированных по z-шкале отдельных показателей физической подготовленности. Корреляция между показателями определялась по Пирсону в MS Excel и считалась значимой при  $p < 0,05$ .

**Результаты и выводы. Показатели телосложения.** Получено, что длина тела ожидаемо отрицательно коррелировала с частотой шагов и положительно – с длиной шагов и углом палок в конце отталкивания. При этом более высокие спортсмены бежали с большей амплитудой в КС при меньшем угле в КС1 (то есть во время проката). Масса тела не связана с кинематикой, но биатлонисты с большими массой, долей мышц и большими объемами мышц плечевого пояса и ног имели короче прокат и отталкивание руками относительно отталкивания ног ( $r = -0,32$ ), меньшую амплитуду движения в ПС. Они имели длиннее время отталкивания ногой, больший угол КС1, но меньший угол ПС1 в начале цикла шага. % жира в теле отрицательно коррелировал с длиной шагов ( $r = -0,26$ ) и длительностью отталкивания палками ( $r = -0,31$ ).

**Силовые и скоростно-силовые показатели** тестирования мышц ног имели схожие, но с разной степенью вероятности тенденции взаимосвязей с кинематикой. А именно они, как правило, были отрицательно связаны с длиной проката, положительно с длительностью отталкивания, особенно – ногой, и, соответственно, отрицательно – со всеми индексами активности отталкивания ( $r = -0,26 \dots -0,49$ ). Аналогичные показатели при тестировании мышц плечевого пояса и рук имели схожую с силовыми показателями ног направленность взаимосвязей, однако значения коэффициентов корреляции в среднем были выше.

Таким образом, спортсмены с лучшей силовой и скоростно-силовой подготовленностью, так же как с большей массой ( $r = -0,26 \dots -0,30$ ), долей и объемом мышц, предпочитали бежать менее «активно». Это выражалось в меньшей длине проката относительно длины шагов и относительно длительности отталкивания.

Следовательно, не подтвердилось распространенное мнение, что лучшие силовые и скоростно-силовые способности спортсменов выражаются прежде всего в более высокой «активности» отталкивания и длине шагов. Такие биатлонисты также не различались по КС1 и ТБС1 (в начале), но имели меньшие КС2 и ТБС2 (в середине отталкивания). Соответственно, у них были больше амплитуды движения в суставах ног. То есть «экономия» на длине проката, что может быть связано с меньшими потерями горизонтальной скорости в цикле шага и особенно актуально с учетом дополнительной массы винтовки, «сильные и тяжелые» спортсмены не экономили на вертикальных перемещениях центра масс тела (ЦМТ) при большем пути и длительности отталкивания ногой.

Показатель взрывной силы ног также был связан положительно с длительностью отталкивания руками, но отрицательно – с временем рассинхронизации между началом отталкивания руками и ногой, ПС1 и амплитудой в ПС.

Спортсмены с относительно более высокими показателями **кардиореспираторных и аэробных возможностей** при беге на третбане бежали с большей частотой шагов, с высокой рассогласованностью между началом отталкивания руками и ногой, с меньшими КС и длительностью отталкивания палками, но большей амплитудой работы рук. Анаэробный порог и  $O_2$ -пульс при работе на лыжном эргометре, то есть при работе мышц плечевого пояса и рук, были отрицательно связаны с длительностью фазы проката и всеми ритмовыми индексами ( $r = -0,27 \dots -0,39$ ), в которые входил этот показатель. Такие спортсмены имели меньший показатель рассинхронизации и амплитуду работы руками при отталкивании, но большие КС1, амплитуду ТБС и длительность отталкивания ногой.

Таким образом, достаточно четко разграничились показатели, тестируемые при беге на третбане и при работе руками на лыжном эргометре. В первом случае биатлонистов с хорошей подготовленностью отличали: высокая частота шагов, короткое отталкивание руками при высокой амплитуде работы в плечевых суставах, более низкое положение ЦМТ, что следует из меньших углов в коленном, но не тазобедренном суставе, и большего времени рассогласования между началом отталкивания палками и ногой. В то же время высокие

аэробные показатели при работе руками были у спортсменов с коротким прокатом и низкими индексами активности отталкивания, в чем они были похожи на спортсменов с высокими силовыми и скоростно-силовыми показателями. При этом диаметрально противоположными по сравнению с показателями тестирования на третбане были меньшая степень рас-синхронизации, большие углы в КС, особенно в прокате, и меньшая амплитуда работы в плечевых суставах. Показатель механической эффективности при работе на лыжном эргометре был отрицательно связан с частотой шагов и амплитудой ПС, но положительно – с длиной шагов и длительностью отталкивания ног.

Аналогичный показатель экономичности при беге на третбане с кинематикой связан не был. Лучший интегральный показатель физической подготовленности биатлонистов (фитнес-индекс) имели спортсмены, которые бежали с большей частотой, но меньшим прокатом, они короче отталкивались палками и ниже опускали ЦМТ при отталкивании ног (КС2). Следовательно, снова проявилась тенденция, что биатлонисты с лучшей в целом физической подготовленностью предпочитали бежать с большей частотой, но не длиной шагов, с коротким прокатом.

**Заключение.** Цель исследования – установить взаимосвязь телосложения, показателей физической подготовленности с кинема-

тическими параметрами ООКХ биатлонистов высокого класса. С учетом методологических ограничений исследования – коррекции показателей кинематики с учетом различий в скорости бега, вызванных разными условиями скольжения, – с высокой вероятностью можно утверждать, что такая взаимосвязь существует.

Это позволяет выдвинуть гипотезу, что существует принципиальная возможность повышения реализационной эффективности спортсменов путем такой организации не только технической, но и физической подготовки, которая целенаправленно строилась бы с целью изменения наиболее существенных для спортивного результата параметров техники. Это может быть особенно актуально для спортсменов высокого класса, достигших условного предела в развитии своих функциональных возможностей. Однако проверка такой гипотезы требует первоначальной разработки методики «моторного обучения и переобучения», «встроенной» в естественный тренировочный процесс, где в качестве методов воздействия на технику спортсменов использовалось бы сочетание известных методов «обучения технике», а также целенаправленного использования средств и методов воздействия на характеристики нервно-мышечного аппарата, актуальных в плане параметров двигательных действий в различных фазах целостной системы лыжных движений.

### Список литературы

1. Верхошанский, Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю.В. Верхошанский. – М.: Спорт, 2019. – 184 с.
2. Мякинченко, Е.Б. Периодизация тренировочного процесса, динамика физической подготовленности, кинематических параметров техники и спортивного результата у лыжников и биатлонистов высокого класса / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, С.С. Миссина и др. – М.: Перо, 2024. – 443 с.
3. Мякинченко, Е.Б. Силовая подготовка спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, Т.Г. Фомиченко. – М.: Спорт, 2022. – 280 с.
4. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? / T. Stöggl, E. Mueller, M. Ainegren, H.C. Holmberg // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. – 2011. – Vol. 21, No. 6, P. 791–803. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x
5. Physiological profiles and training loads of international level male and female cross-country skiers and biathletes / D.P. Heil, A.S. Kriuchkov, V.V. Feofilaktov et al. // *Science & Sports*. – 2022. – Vol. 37, No. 5–6. – P. 490.e1–490.e10. DOI: 10.1016/j.scispo.2021.09.004

### References

1. Verkhoshanskiy, Yu.V. *Programmirovaniye i organizatsiya trenirovochnogo protsessa* [Programming and Organization of the Training Program]. Moscow, Sport Publ., 2019. 184 p.
2. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Missina S.S. et al. *Periodizatsiya trenirovochnogo protsessa, dinamika fizicheskoy podgotovlennosti, kinematicheskikh parametrov tekhniki i sportivnogo rezul'tata u lyzhnikov i biatlonistov vysokogo klassa* [Periodization of the Training Process, Dynamics of Physical Fitness, Kinematic Parameters of Technique and Sports Results in High-Class Skiers and Biathletes]. Moscow, Pero Publ., 2024. 443 p.
3. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Fomichenko T.G. *Silovaya podgotovka sportsmenov vysokogo klassa v tsiklicheskiykh vidakh sporta s preimushchestvennym proyavleniem vyносливости* [Strength Training of High-class Athletes in Cyclic Sports with Predominant Manifestation of Endurance]. Moscow, Sport Publ., 2022. 280 p.
4. Stöggl T., Mueller E., Ainegren M., Holmberg H.C. General Strength and Kinetics: Fundamental to Sprinting Faster in Cross Country Skiing? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011, vol. 21, no. 6, pp. 791–803. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x
5. Heil D.P., Kryuchkov A.S., Feofilaktov V.V. et al. Physiological Profiles and Training Loads of International Level Male and Female Cross-Country Skiers and Biathletes. *Science & Sports*, 2022, vol. 37, no. 5–6, pp. 490.e1–490.e10. DOI: 10.1016/j.scispo.2021.09.004

### Информация об авторах

**Мякинченко Евгений Борисович**, доктор педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

**Волков Максим Владимирович**, ведущий специалист сектора стратегического планирования и прогнозирования подготовленности спортсменов сборных команд, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

**Мисина Светлана Сергеевна**, кандидат педагогических наук, младший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

**Крючков Андрей Сергеевич**, кандидат педагогических наук, заместитель генерального директора – начальник центра, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

### Information about the authors

**Evgeny B. Myakinchenko**, Doctor of Pedagogical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Sports Training Problems, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

**Maxim V. Volkov**, Leading Specialist, Sector for Strategic Planning and Forecasting of National Team Athletes, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

**Svetlana S. Missina**, Candidate of Pedagogical Sciences, Junior Researcher, Laboratory of Sports Training Problems, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

**Andrey S. Kryuchkov**, Candidate of Pedagogical Sciences, Deputy General Director – Head of the Center, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

### Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

**Статья поступила в редакцию 09.02.2026**

**The article was submitted 09.02.2026**