

ВАРИАТИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЙ ГОЛЕНОСТОПА КАК ФАКТОР УТОМЛЕНИЯ БЕГУНОВ

УДК/UDC 796.01:612

Поступила в редакцию 23.09.2022 г.



Информация для связи с автором:
kapil@yandex.ru

Аспирант **Е.С. Негоденко**^{1,2}

Кандидат медицинских наук **Е.В. Медведева**¹

Доктор медицинских наук, профессор **Л.В. Капилевич**^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

VARIABILITY OF ANKLE MOVEMENTS AS A FATIGUE FACTOR IN RUNNERS

Postgraduate student **E.S. Negodenko**^{1,2}

E.V. Medvedeva¹

Dr. Med., Professor **L.V. Kapilevich**^{1,2}

¹National Research Tomsk State University, Tomsk

²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация

Цель исследования – оценить нарушение стабильности траектории голеностопа у бегунов различной квалификации в условиях утомления.

Методика и организация исследования. В ходе изучения были сформированы две группы: группа высококвалифицированных бегунов (раннеры) – 8 человек (4 мужчины и 4 женщины) с опытом трейлового бега более 5 лет, возраст 30±3 лет, средняя предпочтительная скорость бега 13±1,33 км/ч; без травм за прошлый и текущий календарный год. Контрольная группа – начинающие бегуны – 10 человек (7 мужчин и 3 женщины) с опытом гладкого бега по асфальту/твердому грунту полгода, возраст 18±2 года, скорость в смешанной пульсовой зоне 7±2,2 км/ч.

Методом регистрации движений исследовалось нарушение стабильности траектории голеностопа у бегунов различной квалификации в условиях утомления.

Результаты исследования и выводы. Показано, что утомление, развивающееся при длительных беговых нагрузках (45 минут), сопровождается увеличением вариативности движений голеностопа, причем если у опытных спортсменов это увеличение не столь значительно, то для начинающих бегунов оно весьма существенно и может служить фактором риска спортивного травматизма. Данный аспект обязательно необходимо учитывать при планировании тренировочного процесса, при подборе спортивной обуви и при оценке риска травм.

Ключевые слова: бег, кинематика, голеностоп, спортивная травма.

Abstract

Objective of the study was to assess the stability of the ankle trajectory in runners of various qualifications under conditions of fatigue.

Methods and structure of the study. During the study, two groups were formed: a group of highly qualified runners – 8 people (4 men and 4 women) with more than 5 years of trail running experience, age 30±3 years, average preferred running speed 13±1.33 km/h; without injuries for the past and current calendar year. Control group – novice runners – 10 people (7 men and 3 women) with half a year experience of smooth running on asphalt/hard ground, age 18±2 years, speed in the mixed pulse zone 7±2.2 km/h.

The movement registration method was used to study the instability of the ankle trajectory in runners of various qualifications under conditions of fatigue.

Results and conclusions. It is shown that fatigue that develops during long-term running loads (45 minutes) is accompanied by an increase in the variability of ankle movements, and if this increase is not so significant for experienced athletes, then for beginner runners it is very significant and can serve as a risk factor for sports injuries. This aspect must be taken into account when planning the training process, when choosing sports shoes and when assessing the risk of injury.

Keywords: running, kinematics, ankle, sports injury.

Введение. Занятия бегом – это стандартный и самый распространенный вид тренировочной деятельности. Наряду со значительной пользой для здоровья занятий бегом в различных возрастных группах, бег сопровождается высокими рисками травматизма. Риск травматизма растет постепенно – без специальных упражнений, что часто случается у самостоятельных любителей бега, бег действует как отложенный (накопленный) повреждающий фактор. Частота спортивных травм при чрезмерной нагрузке достаточно высока [5, 6]. Важными факторами риска считают нарушения биомеханики и кинематики движений спортсмена при утомлении.

В большинстве случаев бегуны выбирают темп бега (частоту шагов), который обеспечивает минимальные расходы

энергии [1, 4]. Также важным фактором бега является поддержание постоянной фазовой структуры движений – каждый цикл должен повторять предыдущий. В силу особенностей функционирования нервно-мышечного аппарата он склонен к многократному повторению стабильных циклических движений [2].

В случае нарушения структуры цикла по каким-либо причинам (внешним – неровная структура опорной поверхности или дефекты обуви; внутренним – рассинхронизация работы мышц ноги) необходимо приложить дополнительные мышечные усилия для удержания постоянной траектории движения стопы и ее взаимодействия с поверхностью [3, 6]. Но способ-

ность адекватно реагировать на такие изменения формируются только у опытных спортсменов.

Цель исследования – оценить нарушение стабильности траектории голеностопа у бегунов различной квалификации в условиях утомления.

Методика и организация исследования. В ходе изучения были сформированы две группы: группа высококвалифицированных бегунов (раннеры) – 8 человек (4 мужчины и 4 женщины) с опытом трейлового бега более 5 лет, возраст 30±3 лет, средняя предпочтительная скорость бега 13±1,33 км/ч; без травм за прошлый и текущий календарный год. Контрольная группа – начинающие бегуны – 10 человек (7 мужчин и 3 женщины) с опытом гладкого бега по асфальту/твердому грунту полгода, возраст 18±2 года, скорость в смешанной пульсовой зоне 7±2,2 км/ч.

Фиксация положения тазобедренного, коленного, голеностопного суставов проводилась с помощью аппаратно-программного комплекса «Траст–М» (Россия), версия 2.12.x. Прибор посредством соединенных по wi-fi сенсоров, включающих каналы записи углов Эйлера относительно нулевого положения, позволяет произвести регистрацию положения тела в пространстве и измерить угловые и временные характеристики движений суставов во время физической активности, а также средние данные о времени бегового шага. Для визуального контроля техники бега производилась покадровая съемка в сагиттальной плоскости.

Дизайн исследования подразумевал фиксацию трехмерной кинематики в регулярные интервалы времени на протяжении трех минут пробега на беговой дорожке со скоростью, соответствующей смешанной пульсовой анаэробной зоне (в диапазоне от 145 до 155 в зависимости от возраста спортсмена) до и после 45-минутной беговой сессии в той же пульсовой зоне. Пульсовая зона регистрировалась посредством наручных часов Polar с функцией фиксации необходимого ЧСС и нагрудного датчика, обеспечивающего точность при измерении ЧСС. Фиксировались средние, пиковый углы суставов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах, время фаз максимальной амплитуды работы суставов во время контрольной трехминутной беговой сессии до и после 45-минутной тренировочной нагрузки в смешанном пульсовом диапазоне.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты отражены на рисунке 1. Обращает на себя внимание, что у раннеров высокой квалификации движения характеризуются симметричностью, которая сохраняется после беговой нагрузки. Изменения после нагрузки присутствуют, но незначительны (рис. 1А). Принципиально иная картина у начинающих бегунов (рис. 1Б) – асимметрия движений, выраженная в начале бега, существенно усиливается на 45-й минуте. В целом после нагрузки отмечаются выраженные нарушения структуры двигательного цикла.

Раннеры продвинутого уровня показали значительное увеличение амплитуды сгибания правого коленного и обоих голеностопных суставов, тогда как бегуны контрольной группы увеличили амплитуду приведения левого коленного сустава и амплитуду сгибания левого тазобедренного сустава. По отношению к остальным показателям для начинающих характерно снижение максимальной амплитуды углов после беговой сессии, кроме того, у начинающих бегунов увеличился тренд нахождения в фазе максимальных амплитуд сгибания и пронации суставов за 1 цикл после беговой сессии на 20%, что свидетельствует о снижении экономичности беговой техники, увеличении времени выполнения сгибательных локомоций, увеличении нахождения голеностопных суставов в пронированном состоянии, а коленного сустава в разогну-

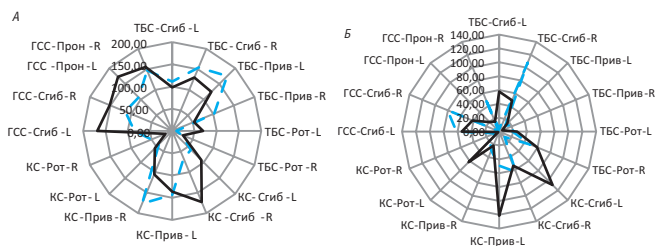


Рис. 1. Показатели максимальных амплитуд движений в суставах у опытных (А) и начинающих (Б) бегунов (мм).

Сплошная линия – до беговой нагрузки.
Пунктирная линия – после 45 минутной беговой нагрузки.
Обозначения:
ТБС – тазобедренный сустав
КС – коленный сустав
ГСС – голеностопный сустав
Сгиб – сгибание
Прив – приведение
Рот – ротация
Прон – пронация
Л – слева
Р – справа

том состоянии, что может служить причиной некоторых травм нижней конечности (особенно значительное влияние избыточная ротация может оказать на таранно-пяточный сустав), возникающих в результате накопления напряжения с последующим снижением функции аддукторов и экстензоров бедра, пронаторов стопы. Продвинутые раннеры также показали увеличение тренда нахождения в фазе максимальных амплитуд в среднем на 10% по всем показателям, что говорит об общем влиянии утомления на снижение быстроты работы мышц нижней конечности. Отсутствие выраженных отличий в стабильности показателей максимальных амплитуд, более равномерное распределение показателей работы суставов в фазе максимальной амплитуды продвинутых раннеров после беговой сессии (за исключением показателей сгибания и ротации левого коленного сустава) в сравнении с начинающими бегунами указывает на важность фактора стабильности параметров кинематики голеностопа у квалифицированных спортсменов.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что утомление, развивающееся при длительных беговых нагрузках (45 минут), сопровождается увеличением вариативности движений голеностопа, причем если у опытных спортсменов это увеличение не столь значительно, то для начинающих бегунов оно весьма существенно и может служить фактором риска спортивного травматизма. Данный аспект обязательно необходимо учитывать при планировании тренировочного процесса, при подборе спортивной обуви и оценке риска травм. Для профилактики травм можно рекомендовать упражнения, направленные на укрепление инверторов голеностопного сустава и отводящих мышц бедра.

Исследование выполнено при поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет-2030).

References

- Altman A.R., Davis I.S. Barefoot Running. Current Sports Medicine Reports. 2012. 11(5):246-257.
- Diebal A.R., Gregory R., Alitz C., Gerber J.P. Forefoot running improves pain and disability associated with chronic exertional compartment syndrome. Am. J. Sports. Med. 2012. 40:1060-1067.
- Lussiana T., Fabre N., Hebert-Losier K. et al. Effect of slope and footwear on running economy and kinematics. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2013. 23:246-253.
- Mann R., Malisoux L., Brunner R. et al. Reliability and validity of pressure and temporal parameters recorded using a pressure-sensitive insole during running. Gait Posture. 2014. 39: 455-459.
- Negodenco E.S., Kapitanov S.N., Kapilevich L.V. Elite running sport: Injury risks versus footwork techniques analysis. Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury, 2021 (10), pp.98-99.
- Willwacher S., Sanno M., Brüggemann G. Fatigue matters: An intense 10 km run alters frontal and transverse plane joint kinematics in competitive and recreational adult runners. Gait & Posture. 2020, Vol. 76, pp. 277-283.