



УДК 796.012

Высокая тактильная чувствительность подошвы у спортсменов способствует повышению устойчивости вертикальной позы в сложных сенсорных условиях

А. А. Мельников¹, Ли Вэйтун¹, С. Д. Шипунов¹, Л. А. Белицкая¹,
А. М. Андреева^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

²Федеральное государственное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий», Москва, Россия

Аннотация

Цель работы. Исследовать связь устойчивости вертикальной позы с порогом тактильной чувствительности (ПТЧ) подошвы стоп у спортсменов разных специализаций. В исследовании приняли участие спортсмены разных видов (n=33) и не тренирующиеся студенты (n=19).

Материал и методы. Устойчивость вертикальной позы определяли в стойке на стабиллографической платформе с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами, а также в стойке на подвижном пресс-папье с помощью стабиллометрии. Пороги тактильной чувствительности определяли с помощью набора нейлоновых монофиламентов Semmes-Weinstein (Fabrication Enterprises, USA) в расслабленном положении лежа.

Результаты. Средний ПТЧ правой и левой стопы у спортсменов был ниже на 33,2% ($p < 0,01$), чем у не тренирующихся студентов. Площадь колебаний проекции общего центра давления тела (ELS) в обычной стойке с ОГ и ЗГ, а также на подвижном в сагиттальной плоскости пресс-папье с ЗГ не различалась между группами. Однако ПТЧ правой стопы положительно коррелировала в общей группе с ELS в стойке на пресс-папье с ЗГ.

Выводы. Высокая тактильная чувствительность не оказывает положительное влияние на регуляцию позы в обычных условиях стояния, но способствует повышению поструральной устойчивости в более сложных сенсорных условиях. В практике видов спорта с высокими требованиями к сохранению равновесия необходимо уделять внимание состоянию кожного покрова стопы, как важной сенсорной зоны, обеспечивающей регуляцию равновесия.

Ключевые слова: равновесие, стабиллография, тактильная чувствительность, подвижная опора, спортсмены

The higher tactile sensitivity of the sole in athletes helps to increase the postural stability in difficult sensory conditions

A. A. Melnikov¹, Li Weitong¹, S. D. Shipunov¹, L. A. Belitskaya¹,
A. M. Andreeva^{1,2}

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Russian University of Sport «SCOLIPE», Moscow, Russia

²Federal State Scientific Institution "Federal Research Center for Original and Promising Biomedical and Pharmaceutical Technologies Moscow, Russia

Abstract

The aim of the work is to investigate the relationship between the postural stability and the threshold of tactile sensitivity (TTS) of the sole of the feet in athletes of different specializations. The study involved athletes of different types (n=33) and non-training students (n=19).

Material and methods. The stability of the vertical pose was determined in standing on a stabiloplatfrom with open (EO) and closed (EC) eyes, as well as in a stance on a movable see-saw using stabilometry. The threshold of tactile sensitivity were determined using a set of Semmes-Weinstein nylon monofilaments (Fabrication Enterprises. USA) in a relaxed lying position.

Results. The average TTS of the right and left feet in athletes was 33.2% lower ($p < 0.01$) than in non-athletes. The area of oscillation (ELS) of the center of pressure of the feet in a conventional stance with EO and EC, as well as on a see-saw with EC movable in the sagittal plane, did not differ between groups. However, the TTS of the right foot was positively correlated in the general group with the ELS in standing on the see-saw with EC.

Conclusions. High tactile sensitivity does not have a positive effect on the regulation of posture in normal standing conditions, but it helps to increase postural stability in more difficult sensory conditions. In the practice of sports with high requirements for maintaining postural balance, it is necessary to pay attention to the condition of the skin of the foot, as an important sensory zone that ensures the regulation of balance.

Keywords: balance, stabilography, tactile sensitivity, movable support, athletes

Введение

Способность сохранять равновесие вертикального положения тела имеет большое значение для достижения высоких результатов во многих видах спорта [1]. Постуральный контроль в обычных условиях проявляется в постоянном и подсознательном изменении позы для поддержания равновесия и достижения стабильности. Эти постуральные движения основаны, в частности, на сенсорной информации, поступающей от зрительного, проприоцептивного и вестибулярного анализатора [2]. Однако кроме этих сенсорных потоков, сигналы из кожных рецепторов стопы постоянно поступают в центральную нервную систему (ЦНС) и используются системой постурального контроля для непрерывной коррекции вертикальной позы [3]. В частности, несколько исследований были посвящены изучению влияния кожной подошвенной стимуляции на контроль позы и поддержание равновесия. Авторы показали, что увеличение информации от подошвенной области стопы может улучшить контроль равновесия за счет облегчения обнаружения подошвенных сенсорных сигналов и оптимизации постуральных реакций [4]. С другой стороны, корреляционных исследований между чувствительностью подошвенной областью стопы и, как правило, повышенной устойчивостью вертикальной позы у спортсменов мы не обнаружили.

Таким образом, целью данного исследования было изучить взаимосвязь между тактильной чувствительностью подошвы и устойчивостью вертикальной позы в разных сенсорных условиях сохранения равновесия. Мы предположили, что у спортсменов устойчивость позы в более сложных сенсорных условиях будет: а) повышена по сравнению с контрольными испытуемыми и б) коррелировать с повышенной тактильной чувствительностью подошвы стоп.

Организация и методы исследования

Обследуемые

В эксперименте с информированным добровольным согласием приняли участие молодые здоровые спортсмены (группа «спортсмены», $n=33$ из них 10 девушек), занимающиеся баскетболом, плаванием, танцами и спортивной борьбой со стажем 12 ± 3 года и текущей недельной тренировочной нагрузкой 10 ± 5 часов. Средний возраст спортсменов составил $22,1\pm 3,3$ лет, длина тела: $177,6\pm 9,2$ см, масса тела: $71,8\pm 14,3$ кг. В группу «контроль» вошли бывшие (стаж занятий: 4 ± 2 года), но не тренирующиеся более 2-х лет на момент обследования студенты ($n=19$), не отличающиеся от группы «спортсмены» по соотношению девушек и юношей (5/14, соответственно, $p>0,1$ по критерию Хи-квадрат), возрасту ($23,6\pm 3,5$ лет), массе тела ($73,9\pm 13,6$ кг) и длине тела ($176,8\pm 6,2$ см).

Методы

Устойчивость вертикальной позы определяли в стойке на стабиллоплатформе с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами, а также в стойке на подвижной в сагиттальной плоскости пресс-папье (высота 17 см) с помощью стабилметрии («Стабилан 01-2». Таганрог). Испытуемые знакомились с тестами и выполняли по 2 ознакомительных попытки с каждым тестом. Пороги субъективной тактильной чувствительности (ПТЧ) ощущения надавливания тонких монофиламентов стандартизированной упругости на 7 точек подошвы левой (Л1-Л7) и правой стопы (П1-П7): две точки на пальцах, две точки на передней части,

две точки на средней части и одна на пятке подошвы обеих стоп (рис. 1) с помощью набора прецизионных нейлоновых монофиламентов Semmes-Weinstein (Fabrication Enterprises, USA) по методике описанной в работе [5]. Испытуемый находился в расслабленном положении лежа на животе. Задача испытуемого состояла в сообщении точки надавливания монофиламента на основе ощущений. Точки надавливания выбирались произвольно и многократно, как результат, испытуемый не мог угадать точку надавливания. Для надавливания использовался стандартный набор нейлоновых монофиламентов с маркировками оказываемого давления: 0,008, 0,04; 0,07, 0,016; 0,4; 0,6 и 1 грамм. Чем меньше было ощущаемое давление, тем выше тактильная чувствительность подошвы у испытуемого.

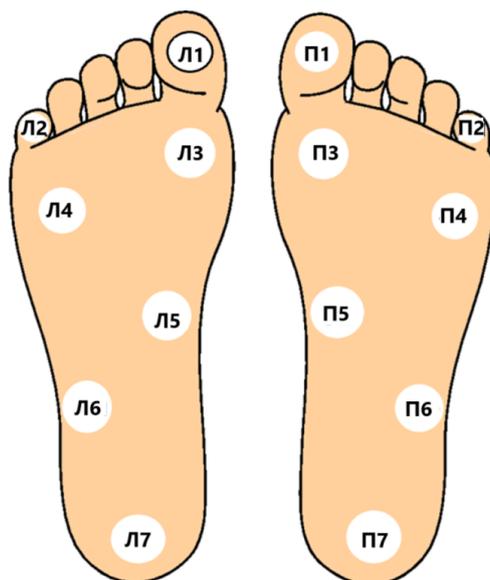


Рис. 1: Локализация точек на подошвах, в которых определялся порог тактильной чувствительности.

Сравнение всех показателей между группами выполнены с помощью критерия Манна-Уитни. Корреляции проверялись методом корреляции Спирмена. Расчеты проведены в программе «Statistica v.12.0».

Результаты и их обсуждение

Порог тактильной чувствительности у спортсменов

Средняя тактильная чувствительность подошвы правой ($p < 0,01$) и левой ($p < 0,01$) стопы у спортсменов была повышена примерно на 33% по сравнению с группой «Контроль». Снижение среднего ПТЧ правой подошвы было связано с низким ПТЧ в П2, П3, П5, П6, П7 точках, расположенных как на передней, так и задней зонах подошвы, а левой – за счет Л3, Л4, Л5 точек (рис. 2). Кроме того, в других точках на левой стопе ПТЧ был также ниже на уровне тенденции ($p < 0,09$), чем в группе «контроль». Причины и механизмы сниженного ПТЧ у спортсменов не ясны, но можно предположить, что это может быть обусловлено совершенствованием процесса узнавания сенсорной тактильной информации от стоп, что развивается во время обучения и совершенствования двигательных навыков. По-видимому, во время выполнения двигательных действий спортсмены учатся быстрее

и точнее узнавать тактильную сенсорную информацию, которая используется системой регуляции движений.

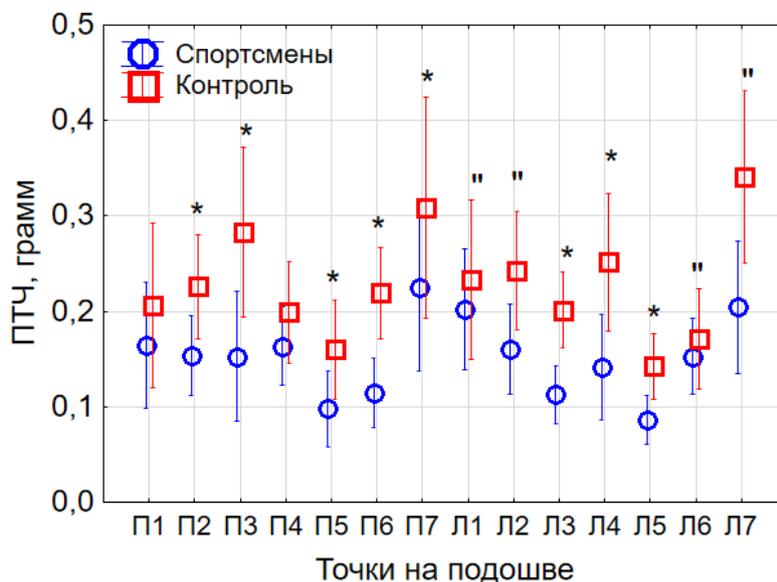


Рис. 2: Порог тактильной чувствительности (ПТЧ) подошвы у спортсменов ($M \pm 95\%$ дов. инт.). Символом * помечены значения, для которых $p < 0,05$, символом '' помечены значения, для которых $p < 0,1$. П1-П7 – точки на правой подошве, Л1-Л7 точки на левой подошве.

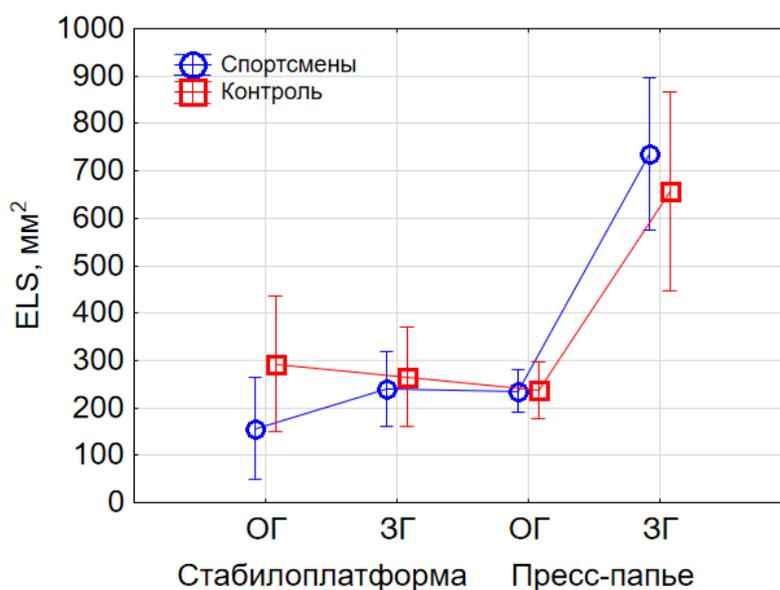


Рис. 3: Доверительная площадь колебаний ОЦД (ELS) в стойке на стабиллоплатформе и на подвижном пресс-папье с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ) у спортсменов ($M \pm 95\%$ дов. инт.). Корреляция устойчивости вертикальной позы с порогом тактильной чувствительности.

Устойчивость вертикальной позы у спортсменов

ELS в обычной стойке с открытыми и закрытыми глазами не различалась между группами. Более того, спортсмены не отличались от контрольных испытуемых по устойчивости вертикальной позы в стойке на подвижной в сагиттальной плоскости пресс-папье с открытыми и закрытыми глазами (рис. 3). Эти данные подтверждают многочисленные факты из литературных источников, где говорится о несущественных различиях в постральной устойчивости между спортсменами и обычными лицами в простых общепринятых вертикальных стойках [6].

Корреляционный анализ Спирмена не выявил взаимосвязей между ПТЧ подошвы обеих стоп и ELS в обычной стойке с ОГ и ЗГ, а также в стойке на подвижном пресс-папье с ОГ. Однако ELS в стойке на пресс-папье с ЗГ коррелировала с ПТЧ в точке 2 и 6 правой стопы ($p < 0,05$) и со средним ПТЧ подошвы правой стопы ($r = 0,40$; $p = 0,003$. (рис. 4)). Также ПТЧ большого пальца левой ноги коррелировал с ELS в стойке на пресс-папье с ЗГ ($r = 0,35$; $p = 0,01$).

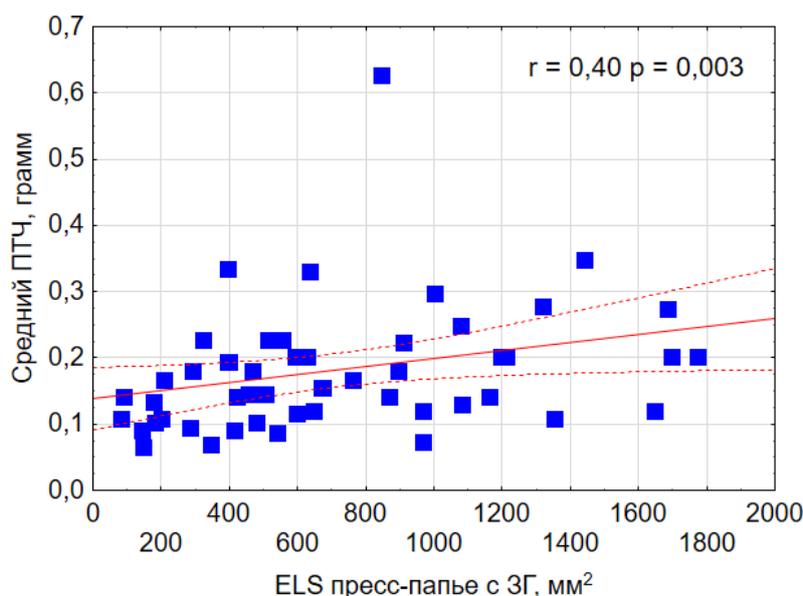


Рис. 4: Корреляция ELS в стойке на пресс-папье с закрытыми глазами со средним ПТЧ правой стопы в общей группе обследованных лиц.

В целом, высокая тактильная чувствительность подошвы правой стопы и большого пальца левой стопы коррелировали с повышенной устойчивостью вертикальной позы в сложной стойке на подвижном пресс-папье с закрытыми глазами. Эти корреляционные данные показывают, что в более сложных сенсорных условиях поддержания равновесия позы, то есть при искажении проприоцептивной информации от голеностопного сустава вследствие подвижности опоры, а также удаления зрительной сигнализации вследствие закрывания глаз, система регуляции позы более активно использует тактильную информацию от кожи подошвы с целью сохранения баланса. Полученные результаты согласуются с данными других исследований, в которых также получены корреляции сниженной подошвенной чувствительности с повышенными амплитудами колебаний ОЦД в стойке на мягком коврике, но не в динамическом постральном тесте у лиц с высокой степенью ожирения, у которых тактильная чувствительность подошвы была значительно снижена [7].

Кроме того, экспериментальная стимуляция потока тактильной информации от подошвы с помощью подкладывания под стопу тонкого предмета диаметром 26 мм вызывает снижение амплитуды колебаний общего центра давления тела в обычной вертикальной стойке [8].

Заключение

Основной целью работы было выявить наличие предполагаемой взаимосвязи между тактильной чувствительностью подошвы и устойчивостью вертикальной позы в разных сенсорных условиях сохранения равновесия у спортсменов. Результаты показали, что обследованная выборка спортсменов не обладала высокой постуральной устойчивостью в обычной стойке и в стойке на подвижном пресс-папье. Однако у спортсменов порог тактильной чувствительности был снижен, указывая на повышенную тактильную чувствительность кожи подошвы. Несмотря на отсутствие различий в постуральной устойчивости обнаружена корреляция между ПТЧ правой подошвы и устойчивостью позы на подвижном пресс-папье с закрытыми глазами. Следовательно, высокая тактильная чувствительность подошвы способствует повышению устойчивости вертикальной позы в сложных сенсорных условиях сохранения равновесия тела. Полученные данные обосновывают необходимость усиления гигиенических мероприятий по уходу за кожей подошвенной поверхности стопы у спортсменов, занимающихся видами спорта, требующими поддержания равновесия вертикальной позы в различных сенсорных ситуациях.

Список литературы

1. *Melnikov A.A., Nikolaev R.Y., Boykov V.L.* Regulation of the Vertical Posture in Athletes // *Human Physiology*, 2023. Vol. 49, Suppl. 1. P. S42–S63. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119723700561>
2. *Peterka R.J.* Sensorimotor integration in human postural control // *Journal of neurophysiology*, 2002. Vol. 88, No 3. P. 1097–1118. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
3. *Strzalkowski N.D.J., Peters R.M., Inglis J.T., Bent LR.* Cutaneous afferent innervation of the human foot sole: what can we learn from single-unit recordings? // *Journal of neurophysiology*, 2018. Vol. 120, No 3. P. 1233-1246. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.00848.2017>
4. *Hlavackova P., Vuillermie N.* Do somatosensory conditions from the foot and ankle affect postural responses to plantar-flexor muscles fatigue during bipedal quiet stance? // *Gait Posture*, 2012. Vol. 36, No 1. P. 16-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.361>
5. *Krotoski J.A., Fess E.E., Figarola J.H., Hiltz D.* Threshold detection and Semmes-Weinstein monofilaments. // *Journal of Hand Therapy*, 1995. Vol. 8, No 2. P. 155-162. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0894-1130\(12\)80314-0](https://doi.org/10.1016/s0894-1130(12)80314-0)
6. *Asseman F.B., Caron O., Crémieux J.* Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? // *Gait Posture*, 2008. Vol. 27, No 1. P. 76-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.01.004>
7. *Bueno J.W.F., Coelho D.B., de Souza C.R., Teixeira L.A.* Association of Foot Sole Sensibility with Quiet and Dynamic Body Balance in Morbidly Obese Women. // *Biomechanics*, 2021. Vol. 1, No 3. P. 334-345. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomechanics1030028>
8. *Wang Y., Watanabe K., Chen L.* Effect of plantar cutaneous inputs on center of pressure during quiet stance in older adults. // *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2016. Vol. 14, No 1. P. 24-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2016.02.001>

Сведения об авторах

Мельников Андрей Александрович – доктор биологических наук, профессор, кафедра физиологии Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», Москва.

E-mail: meln1974@yandex.ru

Ли Вэйтун – кафедра физиологии Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», Москва.

E-mail: 1170848396@qq.com

Шипунов Савелий Дмитриевич – кафедра физиологии Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», Москва.

E-mail: shipunov1997@mail.ru

Белицкая Любовь Александровна – кафедра физиологии Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», Москва.

E-mail: lubbel@mail.ru

Андреева Альбина Маратовна – кандидат биологических наук, кафедра физиологии Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», лаборатория реабилитационной и спортивной психофизиологии Федерального исследовательского центра оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий, Москва.

E-mail: toymio@yandex.ru

Для цитирования:

Мельников А.А., Вэйтун Л., Шипулин С.Д., Белицкая Л.А., Андреева А.М. Высокая тактильная чувствительность подошвы у спортсменов способствует повышению устойчивости вертикальной позы в сложных сенсорных условиях // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1, № 3. – С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-3-22-29> EDN: [VPHTVS](https://www.edn.ru/VPHTVS)

Cite as:

Melnikov A.A., Weitong L., Shipulin S.D., Belitskaya L.A., Andreeva A.M. The higher tactile sensitivity of the sole in athletes helps to increase the postural stability in difficult sensory conditions. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2024, 1 (3), pp. 22–29 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-3-22-29> EDN: [VPHTVS](https://www.edn.ru/VPHTVS)

Статья поступила в редакцию: 23.11.2024

Статья принята в печать: 09.12.2024

Статья опубликована: 19.12.2024