

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2024, Том 9, № 1 / 2024, Vol. 9, Iss. 1 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL124.pdf>

DOI: 10.15862/10TLKL124 (<https://doi.org/10.15862/10TLKL124>)

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Карасева, А. И. Системный анализ антропобиомеханических и патологических состояний стоп танцоров / А. И. Карасева, В. В. Костылева // Костюмология. — 2024. — Т. 9. — № 1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL124.pdf>. DOI: 10.15862/10TLKL124

For citation:

Karaseva A.I., Kostyleva V.V. Systematic analysis of anthropobiomechanical and pathological conditions of dancers' feet. *Journal of Clothing Science*. 2024; 9(1): 10TLKL124. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL124.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/10TLKL124

Авторы выражают благодарность за помощь при подготовке статьи:

— руководителю творческих коллективов, преподавателю хореографического искусства, педагогу-хореографу Школы танцев и художественной гимнастики «Комильфо» (г. Домодедово) Черкасовой Елизавете Александровне;

— кандидату медицинских наук, травматологу — ортопеду высшей квалификационной категории федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого» Министерства обороны Российской Федерации (г. Москва) Сергееву Виктору Алексеевичу

УДК 685.345.4; 685.348.42

ББК 37.255

Карасева Алина Игоревна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: karaseva-ai@rguk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0094-9641>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023082

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57474228700>

Костылева Валентина Владимировна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Заведующий кафедрой, профессор

Доктор технических наук, профессор

E-mail: kostyleva.vv@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9124-4849>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57204425426>

**Системный анализ антропобиомеханических
и патологических состояний стоп танцоров**

Аннотация. В статье рассматриваются антропометрические, биомеханические и патологические состояния стоп танцоров, учитываемые при проектировании обуви различного назначения и ее корригирующих приспособлений.

Представлен анализ работы нижних конечностей танцоров классической хореографии. Основой балетных движений является выворотность ног (ротация ног в тазобедренных суставах с разворотом стоп кнаружи), характеризуемая высокоамплитудным отведением бедра, развернутостью коленного и голеностопного суставов, что противоречит естественному вертикальному положению тела человека, уменьшает площадь опоры стоп, но при этом дает ощущение большей устойчивости балетной осанки. Рассмотрены качества «балетной стопы», обусловленные профессиональной необходимостью: гибкостью, эластичностью, достаточной силой и силовой выносливостью. В процессе изучения движения тела при выполнении различных элементов классического балетного танца систематизирована информация об особенностях базовых позиций большинства танцевальных движений.

В связи с постоянно действующими на стопу специфическими нагрузками, возникают присущие артистам балета травмы и патологии. Изучены нарушения биомеханики, профессиональные травмы и патологические состояния стоп танцоров, характерные только для артистов балета: утолщение компактного вещества плюсневых костей, вальгусного отклонения большого пальца (деформация первого луча стопы, характеризующаяся приведением первой плюсневой кости (кнутри) и отклонением большого (первого) пальца стопы (кнаружи), деформирующий артроз первого плюснефалангового сустава, развитие кистовидной перестройки головки I-ой плюсневой кости и др. Представлена связь возникновения поперечного и продольного плоскостопий с постоянным ношением мягкой или жесткой балетной обуви.

Представлен системный анализ профессиональных травм и патологических состояний стоп танцоров балета, включающий в себя причину, методы диагностики и профилактики, схематичное изображение. Определено, что практически в каждом случае профилактикой возникновения тех или иных патологических состояний является ношение рациональной обуви, ортопедической и обуви с коррегирующими приспособлениями, включая процессы реабилитации танцора. Систематизированная информация о работе нижних конечностей, патологических состояниях, травмах и деформациях стоп танцоров, позволила выявить необходимые параметры повседневной обуви для профилактики различных заболеваний.

Статья является частью цикла публикаций в рамках научной работы в области проектирования и совершенствования специальных конструкций обуви, в том числе для профессиональных танцоров.

Ключевые слова: антропометрия; биомеханика; патологии; работа нижних конечностей; системный анализ; танцоры; обувь; коррегирующие приспособления

Введение

Сегодня при проектировании обуви учитывают не только информацию о некоторых размерных признаках и форме стоп. Практика показывает, что для создания изделий важен физиологический и психологический комфорт, когда все органы и системы человека (кровообращения, дыхания, опорно-двигательная и др.) в тех или иных экологических, жизненных и производственных условиях, а также социально-демографических ситуациях функционируют нормально¹ [1].

При проектировании внутренней формы обуви необходимо учитывать, что даже небольшое давление на поверхность стопы приводит к сдавливанию капилляров и выдавливанию из них крови. Внешне это проявляется в виде местного побеления кожи.

¹ Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи: учебник / В.М. Ключникова, В.В. Костылева. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 252 с.

Продолжительное нарушение кровообращения в капиллярах может привести к травматическим поражениям.

Одним из факторов, вызывающим ускоренный износ обуви является пот. По данным Я. Куно, распределение потовых желез на 1 см² тыльной поверхности стопы — 145–190, на плантарной поверхности стопы — 415. Под действием пота, происходит раздубливание кожи, вследствие чего, увеличивается жесткость деталей кожаной обуви.

Обувь для балета относят к производственной, которую изготавливают из легкой ткани на узкой кожаной подошве, с очень жестким носком, облегчающим стояние на пуантах.²

Стопа служит основой для всего опорно-двигательного аппарата и от того, насколько эффективна она функционирует, зависит здоровье всех вышележащих суставов. Последствия ортопедических нарушений различны, но всегда носят негативный характер [2; 3].

Биомеханика и работа нижних конечностей танцоров

В классическом балете на стопы, особенно их передний отдел, приходится огромная нагрузка. Во время исполнения поз и вращений на полупальцах вес тела танцовщика переносится на первые две–три плюсневые кости стопы, а в женском классическом танце на пуантах вес тела удерживается на кончиках пальцев стоп (дистальных фалангах I–III пальцев). Такая нагрузка требует особого отношения к подготовке мышечно-связочного аппарата стоп при обучении артиста балета, когда происходит формирование навыков правильной работы тела [4; 5].

Любая танцевальная фигура — это система, состоящая из последовательных суставных движений и мышечных сокращений. Система классического танца формировалась на протяжении нескольких столетий: из множества движений народных плясок и бытовых танцев взяты самые выразительные. Постепенно разрабатывались позиции ног и рук, положения корпуса и головы, а все танцевальные движения получили названия.³ Балетный язык универсален: танцор из Германии поймет своего коллегу из Бразилии, а японская балерина — американскую. Как в музыке применяется итальянская терминология, а в медицине латынь, так в балете все термины — французские.

Движения в классическом танце основываются на выворотности — одного из важнейших качеств в классике, которое просто необходимо для любого сценического танца (рис. 1).



Рисунок 1. Выворотность ног в положении demi plie (а) и изображение контура отпечатков стоп в выворотном положении (б) в балете (изображения авторов)

² Зыбин Ю.П., Ключникова В.М., Кочеткова Т.С., Фукин В.А. Учебник. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 264 с.: ил.

³ Ваганова А.Я. Основы классического танца. Л., М.: «Искусство», 1963. 192 с.

Выворотность позволяет, не «перекашивая» таза, выполнять высокоамплитудные отведения бедра во фронтальной плоскости; она дает максимальную свободу движений при соблюдении равновесия.³

Если гибкость развивает максимальную подвижность в анатомически естественных положениях суставов, то выворотность противостоит естественному телу.

Выворотность — это способность развернуть бедра, голени, стопы в положение «наружу» (франц. — en dehors.).

При правильно поставленном корпусе, бедре и голени стопы повернуты своей внутренней стороной наружу, при этом уменьшается контур опоры стопы, положение противоречит естественной вертикальной позе человека, но дает большую устойчивость балетной осанки. В механизме выворотности ног участвуют не только тазобедренные суставы, но и коленные, и голеностопные.

О.С. Васильев придерживается убеждения, что напрямую выворотность не зависит от функций мышечной системы и не является врожденным качеством [6; 7].

Сохранение равновесия и устойчивости тела в пространстве является основным условием работы танцора на занятиях классическим танцем.

В связи с большим значением стоп в танце классической хореографии сложился термин «балетная стопа», под которым подразумеваются качества стопы, обусловленные профессиональной необходимостью [4]:

- гибкость — способность стопы принимать положение крайнего подошвенного сгибания и тыльного разгибания (вытягивание и сокращение подъема), характеризуется максимальной амплитудой движений в голеностопном и суставах стопы;
- важным свойством для выполнения стопой рессорной функции является эластичность стопы, характеризуется способностью мышц и связок упруго сопротивляться нагрузке, возвращаясь к своей форме после непродолжительного по времени растягивания;
- сила стопы позволяет легко подняться на полупальцы и пальцы, высоко оттолкнуться на прыжок и затем мягко приземлиться, выполнять эти движения в течение длительного времени;
- выносливость — способность длительно выполнять специализированную работу аэробного характера (физические нагрузки относительно низкой интенсивности, где кислород используют как основной источник энергии для поддержания мышечной двигательной деятельности) без снижения ее эффективности, способность противостоять утомлению.⁴





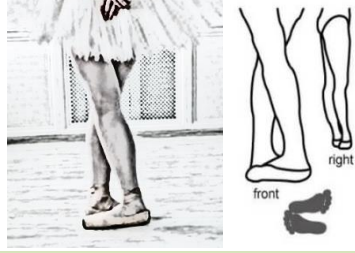

В связи с постоянно действующими на стопу специфичными нагрузками возникают характерные для артистов балета травмы и патологии.





Изучив работу нижних конечностей в различных формах классического танца, нами собрана информация об особенностях техники исполнения базовых элементов большинства танцевальных движений (табл. 1).

⁴ Пуанты — это неотъемлемый атрибут классического и современного балета [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://obuv.expert/vidy/551-puanty-eto>. — Дата обращения 20.10.2023.

Таблица 1

Техника исполнения базовых элементов различных форм классического танца

Основные понятия	Изображение	Техника исполнения и работа нижних конечностей
1	2	3
<i>Первая позиция</i>		<p>Пятки вместе, носки разведены в стороны так, чтобы стопы выстроили на плоскости прямую линию (180°). Для выполнения этого упражнения нужно обладать хорошей выворотностью ног.</p>
<i>Вторая позиция</i>		<p>Выводится из первой позиции. Одна из ног переставляется в сторону таким образом, чтобы между пятками было расстояние равное длине стопы танцора. Носки по-прежнему смотрят в стороны.</p>
<i>Третья позиция</i>		<p>Универсальная в хореографии: пятка правой стопы приставлена к середине левой стопы, носки разведены в стороны.</p>
<i>Четвертая позиция</i>		<p>Нога, которая была впереди в третьем положении, делает «гандю» и скользит вперед. Правая нога выводится вперед и ставится параллельно левой на расстоянии длины стопы. Ноги сохраняют выворотность, пятка и носок разных ног оказываются друг напротив друга.</p>
<i>Пятая позиция</i>		<p>Правая стопа приставляется к левой. Правый носок расположен около левой пятки и наоборот. Ноги в противоположных направлениях касаются друг друга.</p>
<i>Шестая позиция</i>		<p>Стопы ставятся параллельно друг другу: пятка к пятке и носок к носку, позиция не выворотная.</p>

Основные понятия	Изображение	Техника исполнения и работа нижних конечностей
1	2	3
Седьмая позиция, танец на пуантах		Широкая IV позиция, выполняется на полупальцах, пальцах или стоя на каблуках. Вес тела удерживается на кончиках пальцев стоп, площадь опоры чрезвычайно мала.
Соте (прыжок)		Прыжок классического танца с двух ног на две ноги по I, II, IV и V позициям. Подняться на полупальцы и пальцы, высоко оттолкнуться на прыжок и затем мягко приземлиться, ударная нагрузка на носок.
Гранд плие, деми плие		Приседание в 1-ю или 2-ю позиции стоп, перераспределение центра тяжести на носок
Батман тандю, и другие разновидности		Выполняются из I или из V позиции отведением ноги вперед, в сторону или назад. Опорная стопа находится в развернутом положении во фронтальной плоскости (в I-ой позиции), рабочая стопа — вытянутый носок. Поднятие, отведение или сгибание рабочей ноги, смещение центра тяжести на опорную ногу

Составлено авторами на основе общедоступных данных; изображения из открытых источников⁵

Нарушения биомеханики, профессиональные травмы и патологические состояния стоп танцоров

У артистов балета травмы, характерные патологические нарушения опорно-двигательного аппарата очень разнообразны, часто зависят от травмирующего события, индивидуальных особенностей и реакции организма: стресс-переломы, различные проблемы с позвоночником, повреждение остистых связок, апофизит верхнепоясничных позвонков, миофасциальный синдром различной локализации, посттравматические миалгии (мышечные боли), крепатуры и постоянное напряжение мышц травмы голени, стопы и голеностопного сустава. У артистов балета, как правило, повреждаются голень (20 %), стопы (15 %), голеностопный сустав (15 %).⁶

⁵ Основные позиции в балете [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ecarte.ru/dancepedia/positions.html>.

Основы хореографии: позиции ног и рук [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://labocadance.ru/stati/pozicii-nog-i-ruk-v-balete/>. — Дата обращения 10.01.2024.

Основные позиции ног в разных видах танцев [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://danco-studio.ru/osnovnye-pozicii-nog-v-raznyh-vidah-tancev/>. — Дата обращения 10.01.2024.

⁶ Балетная травма — Лечение в Москве [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://clinic-uvt.ru/my-lechim/sportivnaya-medsina/baletnaya-travma/>. — Дата обращения 10.01.2024.

При нарушении биомеханики на какую-то часть стопы приходится избыточная нагрузка. Характер нагрузок полностью определяет форму стопы, а также работу отдельных ее элементов. Если нагрузка в отдельных участках является чрезмерной, стопа может начать видоизменяться, адаптироваться к текущим условиям.

При занятиях балетом на протяжении большого времени развиваются изменения стопы, характерные только для артистов балета: утолщение компактного вещества плюсневых костей, развитие поперечного плоскостопия, вальгусного отклонения большого пальца, деформирующий артроз первого плюснефалангового сустава, развитие кистовидной перестройки головки I-ой плюсневой кости (рис. 2). Они развиваются в молодом возрасте, носят приспособительный характер на тяжелые физические нагрузки, но в последующем приводят к преждевременному старению костной основы стопы и могут вызвать уже патологическое состояние.⁷

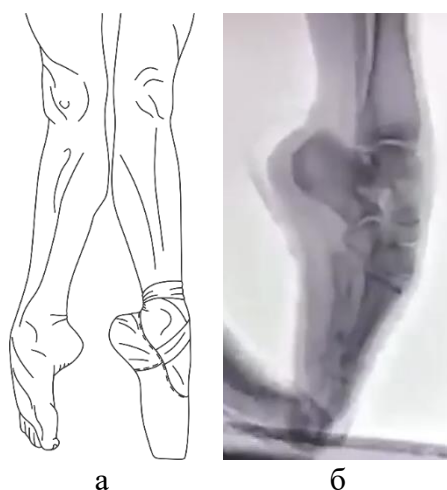


Рисунок 2. Положение стопы на пуантах, при котором возникает максимальное подошвенное сгибание (а) (изображение авторов), рентгеновское исследование стопы в положении стопы на пуантах (б)⁸

Характерным для артистов балета является понятие «ломать подъем» — процесс насильственной растяжки связок верхней части стопы (рис. 3). В результате растягиваются и нередко частично надрываются те связки, которые работают на растяжение, от чего связочный аппарат стопы слабеет и «разбалтывается».⁹

Хронические перегрузки связочного аппарата стопы и мышц голени, врожденная слабость связочно-мышечного аппарата, нерациональная обувь — являются причинами возникновения плоскостопия.⁷

Поперечное плоскостопие чаще возникает у танцовщиков, которые исполняют танцы в мягкой обуви. В связи с нарушением функций мышц, удерживающих стабильность (т. н. поперечные своды) во время танцев на полупальцах, пальцы и плюсневые кости веерообразно расходятся, растягивая связки и мышцы.

⁷ Баднин, Иван Аверьянович. Охрана труда и здоровья артистов балета: [Учеб. пособие для сред. спец. и высш. учеб. заведений искусств и культуры] / И.А. Баднин. — Москва: Медицина, 1987. — 204, [3] с.: ил.; 20 см.

⁸ Научно-популярный познавательный канал о достижениях российской и мировой науки «Балет в рентгеновских лучах» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.facebook.com/naukatv?mibextid=ZbWKwL>*. — Дата обращения 12.11.2023. * Социальная сеть признана экстремистской организацией запрещена на территории Российской Федерации.

⁹ Повреждение стопы у танцовщиков: причины, клиника, диагностика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://present5.com/povrezhdenie-stopy-u-tancorov-prichiny-klinika-diagnostika/>. — Дата обращения 28.12.2023.

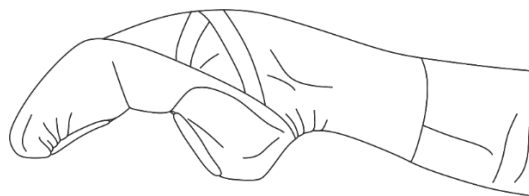


Рисунок 3. «Подъем» балетной стопы (изображение авторов)

В результате возникает поперечная распластанность свода стопы. Нагрузка при этом падает на мягкие подушечки пальцев. От постоянных больших нагрузок кожа в этих местах становится плотной, грубой, шероховатой и образуются так называемые «натоптыши» (омозолелости). Часто у основания пальцев стопы возникает чувство жжения от постоянной травматизации нервных окончаний, которые затем утолщаются, образуется неврома — иногда удаляется оперативным путем при отсутствии эффекта от консервативного лечения. Это заболевание носит название мортоновская метатарзальная невралгия (метатарзалгия).⁷

Поперечное плоскостопие и танцы в жесткой обуви или ношение повседневной обуви с узким носком у артистов балета ведет к развитию вальгусного искривления большого пальца стопы, т. е. отклонению его кнаружи. Это приводит к отведению головки I-ой плюсневой кости кнутри и, как следствие, к выстоянию, возникновению болей, с последующим от постоянного давления обувью воспалением кожи в этой области. Возникает бурсит. — воспаление суставной сумки первого плюснефалангового сустава стопы [8].⁷

Продольное плоскостопие возникает, когда мышцы и связки не выдерживают чрезмерной нагрузки, ослабевают, а внутренний отдел стопы опускается и касается пола. В процессе образования продольного плоскостопия часто возникают боли по центру подошвенной поверхности стопы, так называемая планталгия. При дальнейшем оседании продольного свода, когда вся стопа отклоняется кнаружи, возникают боли в пяточной области. При рентгенологическом обследовании обнаруживаются пяточные остеофиты (шпоры) — костные выступы на подошвенной поверхности пяточной кости [8].⁷

Еще одним типичным состоянием стоп для артистов балета является задний импиджмент-синдром голеностопа — ущемление суставной капсулы и синовиальной оболочки голеностопа между костными элементами. Синдром с локализацией по передней поверхности голеностопного сустава появляется при систематическом соударении шейки таранной кости и переднего края большеберцовой кости. Постоянный импиджмент формируется на фоне систематического соударения костных элементов. Процесс сопровождается появлением костных шипов — остеофитов. Рост шипов ведет к уменьшению пространства между таранной и большеберцовой костями, последующему ограничению двигательной активности.¹⁰

Заболевания стоп у артистов балета, вызванные специфическими нагрузками, составляют 25 % всех ортопедических заболеваний. Наиболее частые заболевания — это дистрофические изменения, связанные со статическими деформациями, ранним старением костно-суставной системы стопы. Благоприятные условия для микротравм мягких тканей стопы и ее костной основы создаются также под влиянием значительных нагрузок в связке с нарушением питания.^{7, 11}

¹⁰ Импиджмент-синдром [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cvmmmed.ru/article/impindzhment-sindrom-prichiny-simptomy-i-lechenie>. — Дата обращения 10.01.2024.

¹¹ Переломы фаланг пальцев стопы у артистов балета [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/profilaktika/1538.html> MedUniver. — Дата обращения 10.01.2024.

Проведенный анализ позволил разработать визуальную схему расположения областей возникновения заболеваний на примере пятой позиции на полупальцах без обуви, представленную на рисунке 4, а также составить таблицу 2, в которой систематизированы данные о причинах, методах диагностики и профилактики наиболее часто встречающихся профессиональных травм и патологических состояний нижних конечностей танцоров балета.

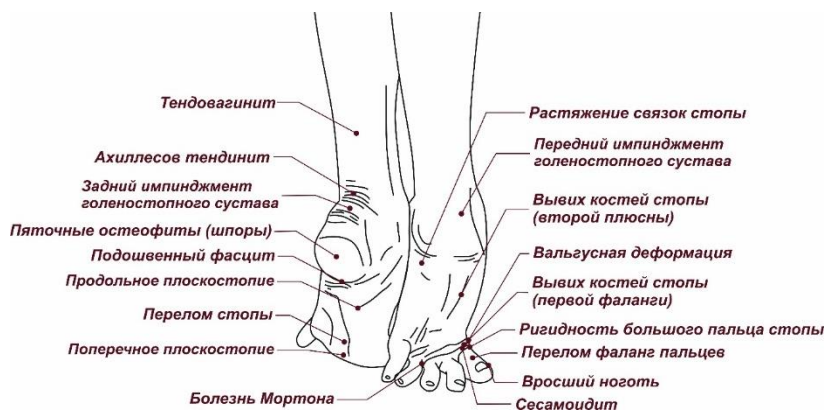

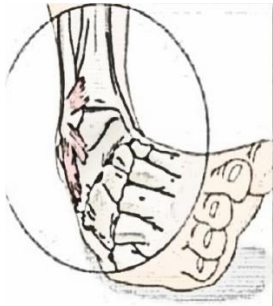


Рисунок 4. Схематичное изображение областей возникновения патологических состояний нижних конечностей танцоров (разработано авторами)

Таблица 2

Профессиональные травмы и патологические состояния стоп танцоров балета

Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Ахиллесов тендинит			
У артистов балета возникают хронические тендовагиниты сухожилий стопы в результате многократных микротравм или перегрузок.	Наличие опухоли и боли в области сухожилия при стоянии на носочках. Сухожилие может быть болезненным при надавливании. Кожа над сухожилием может быть опухшей и теплой. Рентгенологическое исследование позволяет диагностировать артрит.	Выполнение упражнений на растяжку для ахиллова сухожилия. Подбор обуви, фиксирующей задний отдел стопы, с правильным расположением каблука в обуви.	
Подшвенный фасцит			
Возникает в результате мелких разрывов подошвенной фасции, вызванных повторными травмами при беге, танцах и длительном стоянии на ногах. При развитии заболевания воспаленная ткань распространяется от пятки до пальцев ног. Характерен при высоком продольном своде (полая стопа).	Тупая, ноющая, ярко выраженная боль в области плантарной поверхности стопы, с явным акцентом в сторону пятки. Диагноз ставят на основании осмотра пятки и свода стопы на предмет выявления симптомов (боли, покраснения и отека).	Обувь с хорошей поддержкой свода стопы.	



Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Болезнь Мортона			
<p>Причина развития невромы Мортона, является сильное давление костей плюсны на нерв.</p> <p>Заболевание характеризуется уплотнением на стопе, как правило, оно небольшое, но может сопровождаться сильной болью.</p> <p>Неврома Мортона — доброкачественное разрастание фиброзной ткани оболочек подошвенного нерва стопы. Развивается оно чаще всего в области третьего межплюсневого промежутка (область основания между третьим и четвертым пальцами на стопе).</p>	<p>Отмечаются онемение, ноющие боли, покалывания или жжение между третьим и четвертым пальцем стопы.</p> <p>При сжатии передней части стопы в поперечном направлении боль резко усиливается.</p> <p>Диагностируется рентгенограммой, МРТ.</p> <p>Выполняется операция подошвенным доступом с резекцией участка подошвенного нерва с невромой на нем.</p> <p>Во время операции пациент находится в сознании и болевых ощущений не испытывает.</p> <p>Ходить после операции можно сразу, а вот нагружать ногу можно через две недели после снятия швов.¹²</p>	<p>Снижение нагрузок переднего отдела стопы, подбор обуви с более просторной носочной частью и высотой каблука не более 40 мм, либо использовать ортопедическую модель обуви.</p> <p>Использование ортопедических стелек, помогающих восстановить правильное положение поперечного свода стопы, специальных вкладышей-пелотов, которые размещаются у основания плюсневых костей.¹³</p> <p>Кинезотерапия, ЛФК.</p>	
Растяжение связок стопы			
<p>Повреждения связок голеностопного сустава наиболее часты при исполнении классического танца и составляют у артистов балета 32,7 % от всех повреждений. У балерин этот вид повреждений составляет 43,3 %. Это связано с особенностями танцев на пуантах, когда стопа находится в нефизиологичном положении, с опорой на I-ый, II-ой и III-ий пальцы.¹⁴</p> <p>Причина в чрезмерном натяжении связочного аппарата.</p>	<p>Сопровождается тянущей, либо очень сильная болью, появлением кровоподтеков.</p> <p>Врач проводит диагностику визуально, узнает о характере боли, об обстоятельствах повреждения, проверяет, есть ли онемение в стопе, и назначает рентген.</p>	<p>Ортезы обеспечивают быстрое снятие боли и активную стабилизацию.</p> <p>Ускорить процесс восстановления помогут ортезы, физиотерапия и лечебная физкультура. В комплексе эти меры обеспечивают полное восстановление стопы, предотвращая развитие дальнейших осложнений.</p> <p>Выбор ортопедической повседневной обуви, анатомическое строение колодки, стельки и подошвы обеспечивают необходимую амортизацию и поддержку, правильное распределение давления по стопе, тем самым снижая риск травмирования голеностопа.¹⁵</p> <p>Лечебная гимнастика, разогревающие мази.</p>	

¹² ГКБ имени С.С. Юдина [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Y0Qde8RhMUSPTbT0>. — Дата обращения 10.01.2024.

¹³ Неврома Мортона: симптомы, факторы риска, лечение и профилактика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://orteka.ru/orteka-life/zdorovye-stopy/nevroma-mortona-simptom-y-factory-riska-lechenie-i-profilaktika/>. — Дата обращения 10.01.2024.

¹⁴ Повреждения связок голеностопного сустава [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/profilaktika/1757.html> MedUniver. — Дата обращения 10.01.2024.



¹⁵ Какое лечение подходит для каждого вида травмы связок? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://orteka.ru/orteka-life/zdorovye-nogi/gid-ot-bauerfeind-cto-delat-pri-travmakh-golenostopa/>. — Дата обращения 10.01.2024.

Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Вальгусная деформация			
<p>Причиной вальгусной деформации первого луча, куда входят 1-я плюсневая кость и 1-палец является функциональная недостаточность мышц, а обувь, как балетная, так и повседневная, танцы на пуантах и полупальцах, способствуют возникновению и усилению этой недостаточности, как следствие — наличие поперечной распластанности переднего отдела стопы. Формирование болезни происходит в несколько этапов: начальный — небольшое отклонение большого пальца стопы; дальше — появление «шишки» за счет смещения головки плюсневой кости и образовавшегося нароста; натирание, вследствие дополнительных факторов — обуви, нагрузок; развитие заболевания по стадиям — легкая, средняя, тяжелая.¹⁶</p>	<p>Отклонение большого пальца наружу, деформация и увеличение размеров сустава первого плюснефалангового сочленения. Состояние сустава диагностируется рентгеновскими снимками стопы, внешним осмотром.</p>	<p>Восстановление анатомического угла пальцев стопы оперативным путем. Ортопедические стельки, корректирующие упражнения, гимнастика, массаж — как предупреждающие элементы заболевания.</p>	
Ригидность большого пальца стопы			
<p>Ортопедическое заболевание, при котором плюснефаланговый сустав большого пальца стопы теряет изначальную подвижность, вследствие дегенеративно-дистрофических изменений суставов в основании пальца, запущенного остеоартроза. Результат износа: от перегрузок на стопы и большой палец. Специалисты указывают на влияние неправильного подбора обуви.¹⁷</p>	<p>При заболевании в основании I-го пальца стопы формируется выпирающий бугор. Жалобы на потерю подвижности первого плюснефалангового сустава — боли, онемения, отеки, мозоли, изменения походки. Часто ригидность пальцев стопы развивается одновременно или на фоне вальгусной деформации, что еще сильнее ухудшает эстетику стопы и снижает привычную физическую активность. Рентгенологическое исследование поможет выявить артрит, костные наросты с другие возможные аномалии. Ригидный палец стопы лечат хирургическими методами [6].</p>	<p>В зависимости от стадии заболевания к желаемому результату приводят различные виды терапии. На начальной стадии заболевания боль можно смягчить при помощи специальных стелек и ортопедической обуви, обуви с более широкой носочной частью. В дополнении к этому советуется пройти курс физиотерапии.¹⁸</p>	

¹⁶ Вальгусная деформация пальца стопы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gmshospital.ru/diseases/valgusnaya-deformatsiya-paltsa-stopy/>. — Дата обращения 10.01.2024.

¹⁷ Hallux Rigidus: ригидный большой палец стопы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ortomed-clinic.ru/services/khirurgicheskoe-lechenie/hallux-rigidus>. — Дата обращения 10.01.2024.

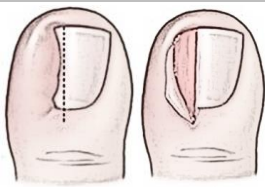


¹⁸ Ortho Center München [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ortho-center.eu/ru/c%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%8B/%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0/>. — Дата обращения 10.01.2024.

Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Тендовагинит			
<p>У артистов балета нередко возникают хронические тендовагиниты на почве многократных травм или перегрузок. В основном страдает тыльная группа сухожилий — передняя большеберцовая и малоберцовая мышцы, длинный разгибатель большого пальца, реже сухожилия подошвенной поверхности. Часто повторяющиеся циклические движения приводят к микротравматизации, что и является причиной развития заболевания.¹⁹</p>	<p>При осмотре отмечается припухлость по ходу сухожилий, резкая болезненность. Боли во время танцев на пуантах, не могут вытянуть стопу при исполнении класса или во время репетиции. При осмотре отмечается припухлость по ходу сухожилий, резкая болезненность их. Редко отмечается нежный хруст при движении стопой (крепитация). Нарушение движений, шаровидные болезненные уплотнения), отек, покраснения, лигаментография.</p>	<p>Физиотерапевтические методы, включают лечебную физкультуру, массаж, грязевые или парафиновые аппликации, электрофорез с лидазой. Подбор обуви со средней высотой каблука до 40 мм.²⁰</p>	
Сесамоидит			
<p>Причиной сесамоидита обычно является многократная травматизация. Иногда случается перелом кости, воспаление кости или прилежащих тканей. Изменение структуры стопы может иногда смещать сесамовидные кости и вызывать боль. Особенно распространен среди танцоров, бегунов трусцой и людей с резким подъемом свода стопы, а также людей, которые часто носят обувь на высоких каблуках.</p>	<p>Боль вблизи двух небольших костей (сесамоидных костей) под головкой плюсневой кости в месте, где она прилегает к большому пальцу (головка первой плюсневой кости). Симптомы включают боль во время ходьбы при ношении определенных типов обуви. Диагностика основана на результатах обследования стопы. Ортопедом при тщательной пальпации головок плюсневых костей, осмотра и сгибания стопы и большого пальца, проводится артроцентез — пункция сустава.</p>	<p>Не перегружать стопу ношением обуви на слишком высоких каблуках и чередовать физическую нагрузку с периодами покоя. Для снижения давления на сесамовидные кости используют обувь на толстой подошве, обувь с низким каблуком, ортезы (устройства, которые помещают в обувь) или их сочетания.²¹</p>	



¹⁹ Вывихи костей стопы. Болезни стопы — тендовагиниты, ганглии у танцоров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/profilaktika/1749.html>. — Дата обращения 10.01.2024.

²⁰ Тендинит. Тендовагинит. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://garbuzov.org/zabolevaniya/tendinit-tendovaginit-rastyazhenie-svyazok-golenostopnogo-sustava-rasscheplenie-bolshebertsovoy-kosti-otek-lodyzki>. — Дата обращения 10.01.2024.

²¹ Kendrick Alan Whitney, DPM, Temple University School of Podiatric Medicine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.msmanuals.com/>. — Дата обращения 10.01.2024.

Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Вросший ноготь			
Профессиональное заболевание танцоров балета. Во время танца на пуантах стопа испытывает напряжение, которое выходит за рамки естественных природных данных. Подушечки пальцев и большой ноготь испытывают колоссальное давление. Это приводит к деформации ногтей и пальцев.	Возникает резкая болезненность, образуются грануляции (избыток тканей от раздражения ногтевой пластинкой), присоединяется воспалительный процесс, гнойное отделяемое.	Гигиена, правильное подстригание ногтей, Использование специальных стелек для разгрузки стопы в повседневной обуви. Тщательный подбор повседневной обуви, она не должна быть ни слишком свободной, ни слишком тесной или узкой. ²²	
Вывих костей стопы (плюснефаланговом суставе)			
Неоднократные переразгибания пальцев стопы. Клиника: возникают боли, ощущение инородного тела в суставе, отечность его [9].	Боли в плюснефаланговом суставе, возникающие периодически при танце на пальцах (пуантах), которые иногда носят острый характер с ощущением инородного тела в суставе. Рентгенологическое исследование.	Операция ушивания капсулы и пластики боковой связки. Безоперационные методы — новокаиновые блокады с гидрокортизоном, токи Бернара, массаж. Бандажи и ортезы, рациональная форма и размер обуви, ортопедическая обувь. ¹⁹	
Перелом фаланг пальцев			
Переломы фаланг пальцев стопы нередки у артистов балета и заслуживают внимания из-за длительной нетрудоспособности. Механизм перелома — глубокое приземление после прыжка и удар ногой о пол или станок. ¹¹	Возникает резкая боль, появляется припухлость в результате кровоизлияния. Рентгенологическое обследование.	Лечение заключается в фиксации лейкопластырной повязкой, редко гипсовой, на 2–3 недели. Трудоспособность при переломах фаланг стопы у артистов балета нарушается в среднем на 4–5 недель. Рациональная форма и размер обуви, употребление продуктов, содержащих кальций, соблюдать осторожность.	

²² Вросший ноготь и пуанты. Лечение и профилактика вросшего ногтя у танцоров балета [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://podolog-spb.ru/ballet>. — Дата обращения 10.01.2024.

Причина	Диагностика	Профилактика	Изображение
Перелом стопы			
<p>Перелом стопы часто происходит при занятиях спортом, а также при падении тяжелых предметов на ногу. Однако иногда кость ломается в результате длительного давления на нее — это случается, например, у спортсменов и танцоров. Стресс-переломы — неполные небольшие переломы, часто плохо заметные или совсем незаметные на рентгеновских снимках. Такая травма приходится преимущественно на 2-ю и 3-ю плюсневую кость и развивается из-за сильного сгибания стопы при ходьбе на пуантах. Возникающие боль и небольшой отек зачастую игнорируются танцором.</p>	<p>Боль, часто сильная, синяки и отеки в поврежденной области, онемение в пальцах ноги, уменьшение диапазона движения ступни, неспособность нормально ходить, деформация стопы в месте перелома. Необходимо медицинское обследование, рентгеновские снимки сломанной стопы.</p>	<p>Чтобы предотвратить переломы стопы необходим подбор рациональной обуви; чередование физических нагрузок; придерживаться диеты, богатой кальцием и витамином D. Возможен физиотерапевтический метод лечения — УВТ (ударно-волновая терапия). При реабилитации показано ношение ортопедической обуви и перерыв в занятиях.⁶</p>	 

Разработано авторами; изображения из открытых источников²³

Обсуждения и выводы

Стопы балерин являются объектом пристального внимания. Мышцы балерины крепкие, выносливые и сильные. Стопа у балерин на пуантах работает в положении, несвойственном, физиологическому и испытывает значительную нагрузку.

Одним из основных отличий балета от других видов танца является особенная выворотная позиция ног, требующая повышенной гибкости стопы и ахиллова сухожилия, что позволяет обеспечить высокий прыжок и мягкое приземление. В естественных условиях стопа участвует в передвижении тела в стоянии на одной или двух ногах. В хореографии, помимо этого, стопа находится в положении на пальцах и полупальцах. В этих положениях стопа выворотна, носок сильно вытянут. Это обусловлено эстетическими факторами.

В балете существует пять позиций ног и все хореографические движения выполняются строго по ним. За годы занятий хореографией у артистов балета изменяется форма стопы, возникают распластанность переднего отдела стопы, «рабочая» гипертрофия костей стопы, натоптыши и оmozолелости, ранние признаки старения стопы, планталгия, продольное или поперечное плоскостопие, вросшие ногти и др., увеличивается мышечная масса.

²³ Повреждение стопы у танцоров: причины, клиника, диагностика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://present5.com/povrezhdenie-stopy-u-tancorov-prichiny-klinika-diagnostika/> — Дата обращения 28.12.2023.

Биомеханика танцоров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.physiopedia.com/Biomechanics_of_the_Dancer's_Ankle_and_Foot#cite_note-2-1 — Дата обращения 12.01.2024.

Спортивная психология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sport-psychology.ru/rasstroistva/nagi-balerinin-pod-puantami/>. — Дата обращения 10.01.2024.

При естественном стоянии человека тяжесть его тела распределяется на всю стопу. В положении на полупальцах основное давление приходится на головки плюсневых костей и плантарную часть пальцев, максимальное давление сосредоточено в пучковом отделе обуви. В положении «на пальцах» стопа изогнута так, что фаланги и пяточный бугор пяточной кости располагаются на одной вертикальной линии. Стопа является как бы продолжением голени, угол между стопой и голенью составляет 180° . Максимальное давление приходится на носочный отдел обуви, в пяточном отделе наблюдается полное отсутствие давления.

Чаще всего профессиональные травмы в балете связаны с переломами, вывихами и растяжениями, травмами связочного аппарата и суставов. С возрастом это приносит неудобства, поэтому для многочасовых тренировок, репетиций и в повседневной носке большое значение имеет рациональная обувь, которая призвана сохранить трудоспособность стоп на долгие годы.

Таким образом систематизирована информация о положениях и работе стоп в базовых позициях, проведен системный анализ профессиональных травм и патологических состояний стоп танцоров балета. Определено, что практически в каждом случае, профилактикой возникновения тех или иных патологических состояний является ношение рациональной обуви, ортопедической и обуви с коррегирующими приспособлениями, включая процессы реабилитации танцора [10; 11].

Систематизированная информация о работе нижних конечностей, патологических состояниях, травмах и деформациях стоп танцоров, позволила выявить необходимые параметры выбора повседневной обуви для профилактики различных заболеваний:

- впорность;
- широкая носочная часть;
- высота каблука до 40 мм;
- конструкция обуви:
 - с мягким кантом;
 - с фиксацией геленочной части;
 - с фиксацией заднего отдела стопы, позволяющей снизить риск травмирования голеностопа;
- качественная обувь с правильным расположением крепления каблука, за счет чего будет происходить правильное распределение давления в пяточной части;
- подошвы и вкладные стельки, обеспечивающие необходимую амортизацию и поддержку (в зависимости от функционального состояния связок и суставов), правильное распределение давления по стопе.

Материал статьи будет полезен конструкторам и технологам обувной промышленности при разработке новых моделей повседневной, ортопедической, профилактической обуви, вкладных коррегирующих приспособлений, а также совершенствовании конструкций специальной обуви для танцоров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Польской, В.С. Антропометрические показатели размера стопы и роста танцора и обычного человека / В.С. Польской, Е.Е. Бочарова // Интегративные тенденции в медицине и образовании. — 2023. — Т. 3. — С. 191–195.
2. Румянцева, Е.Г. О биомеханике нижних конечностей человека / Е.Г. Румянцева, О.Н. Бартош, В.В. Костылева // Дизайн и технологии. — 2010. — № 15(57). — С. 32–34.
3. Румянцева, Е.Г. О динамике развития деформаций стоп и заболеваний позвоночника / Е.Г. Румянцева, В.В. Костылева, А.А. Орлова // Дизайн и технологии. — 2010. — № 15(57). — С. 35–39.
4. Марина М.А. Формирование балетной стопы в системе профессионального и предпрофессионального хореографического образования // Вестник Академии русского балета имени А.Я. Вагановой. — 2015. — № 5(40). — С. 102–112.
5. Турцева Т.А. Анатомия и танец. Все о работе стопы // Наука, образование и культура. — 2023. — № 3(66). — С. 28–33.
6. Магомедов Р.Р. Элементарный биомеханический анализ профессионально-ориентированной двигательной пластики студентов хореографов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2007. № 3. С. 200–206.
7. Васильев, О.С. Выворотность как способ расширения топологии пространства движения / О.С. Васильева // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. — 2002, — № 4. — С. 47–49.
8. Скуратов Т.А. Использование принципов биомеханики в процессе профессионального обучения в вузах для будущих специалистов в области спортивного балетного танца // Вестник МГУКИ. — 2017. — № 5(79). — С. 235–245.
9. Корж Н.А. Тактика лечения пациентов в послеоперационном периоде после ортопедических оперативных вмешательств на переднем отделе стоп. / Н.А. Корж // Травматология, ортопедия и протезирование — Донецк. — 2011. — № 1. — С. 39–42.
10. Карасева, А.И. Антропометрические исследования стоп танцоров / А.И. Карасева, В.В. Костылева, А.И. Бурцев // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — No 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL422.pdf>.
11. Костылева, В.В. Исследование потребительских предпочтений в обуви для профессиональных танцев / В.В. Костылева, А.И. Карасева, А.И. Бурцев, Д.И. Сулайманова // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — No 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/14TLKL422.pdf>

Karaseva Alina Igorevna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

E-mail: karaseva-ai@rguk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0094-9641>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023082

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57474228700>

Kostyleva Valentina Vladimirovna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

E-mail: kostyleva.vv@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9124-4849>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57204425426>

Systematic analysis of anthropobiomechanical and pathological conditions of dancers' feet

Abstract. The article examines the anthropometric, biomechanical and pathological conditions of dancers' feet, which are taken into account when designing shoes for various purposes and their corrective devices.

An analysis of the work of the lower limbs of classical choreography dancers is presented. The basis of ballet movements is the inversion of the legs (rotation of the legs in the hip joints with the feet turned outward), characterized by high-amplitude hip retraction, unfoldment of the knee and ankle joints, which contradicts the natural vertical position of the human body, reduces the area of foot support, but at the same time gives a feeling of greater stability of ballet posture. The qualities of the «ballet foot» due to professional necessity are considered: flexibility, elasticity, sufficient strength and strength endurance. In the process of studying body movement when performing various elements of classical ballet dance, information about the features of the basic positions of most dance movements is systematized.

Due to the specific loads constantly acting on the foot, injuries and pathologies inherent in ballet dancers arise. Biomechanical disorders, occupational injuries and pathological conditions of dancers' feet, characteristic only for ballet dancers, have been studied: thickening of the compact substance of the metatarsal bones, valgus deviation of the thumb (deformation of the first ray of the foot, characterized by reduction of the first metatarsal bone (inside) and deviation of the big (first) toe (outside), deforming arthrosis of the first metatarsal joint, the development of cyst-like restructuring of the head of the I-th metatarsal bone, etc. The connection of the occurrence of transverse and longitudinal flat feet with the constant wearing of soft or rigid ballet shoes is presented.

A systematic analysis of occupational injuries and pathological conditions of ballet dancers' feet is presented, including the cause, methods of diagnosis and prevention, and a schematic image. It is determined that in almost every case, the prevention of the occurrence of certain pathological conditions is the wearing of rational shoes, orthopedic and shoes with corrective devices, including the processes of rehabilitation of the dancer. The systematized information about the work of the lower extremities, pathological conditions, injuries and deformations of the dancers' feet allowed us to identify the necessary parameters of everyday shoes for the prevention of various diseases.

The article is part of a series of publications within the framework of scientific work in the field of designing and improving special shoe designs, including for professional dancers.

Keywords: anthropometry; biomechanics; pathology; work of the lower extremities; system analysis; dancers; shoes; corrective devices