

УДК 685.341

## Эргономичность женской обуви – высокий каблук: красота или здоровье

Горячкин Борис Сергеевич, кандидат технических наук, доцент  
Чекулина Марина Юрьевна, магистрант  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

В статье предлагаются рекомендации для оптимального выбора модели обуви на каблуке. Проанализированы основные параметры женской обуви, влияющие на ее эргономичность. Рассмотрено влияние высоты каблука на баланс тела человека, здоровье опорно-двигательной системы и суставов, в частности приведен расчет нагрузки на голеностопный сустав и найдена сила, действующая на ахиллово сухожилие. Освещены основные болезни, возникающие вследствие ношения каблуков, и изменения в мышцах и суставах. Оценке подвергаются такие параметры, как скорость ходьбы, вес человека и высота каблука, которые влияют на распределение нагрузки на разные зоны стопы и ее свод. Приведены сведения об изменении строения свода стопы в зависимости от продолжительности ношения каблуков.

**Ключевые слова:** высокие каблуки, давление, ахиллово сухожилие, суставы, зоны стопы, скорость ходьбы, опорно-двигательная система.

## Ergonomics of women's shoes – high heel: beauty or health

Goryachkin Boris Sergeevich, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor  
Chekulina Marina Yurevna, Master  
Bauman Moscow State Technical University

**Abstract.** The article offers recommendations for the optimal choice of shoe models with heels. The main parameters of women's shoes that affect their ergonomics are analyzed. The influence of heel height on the balance of the human body, the health of the musculoskeletal system and joints are reviewed, in particular, the calculation of the load on the ankle joint is given and the force acting on the Achilles tendon is found. The main diseases, that occur as a result of wearing heels, and changes in muscles and joints are covered. Parameters such as walking speed, weight and heel height, which affect the distribution of the load on different areas of the foot and its arch, are evaluated. Information about changing the structure of the arch of the foot depending on the duration of wearing heels is provided.

**Keywords.** high heels, pressure, Achilles tendon, joints, foot zones, walking speed, musculoskeletal system.

DOI: 10.5281/zenodo.3701752

### Введение

Важнейшей обязанностью человека является сохранение и укрепление своего здоровья. Профилактика и гигиена здоровья включает в себя комплекс различных социально-экономических и медицинских действий, способствующих достижению высоких показателей здоровья населения. Для этого необходимо выявить причины заболеваний и травм и стараться максимально устранить их влияние на здоровье человека [14]. В основном все знают про стандартные правила сохранения здоровья, такие как правильное питание, занятия спортом, полноценный сон и отдых, соблюдение личной гигиены, но не задумываются о каких-то каждодневных вещах, которые значительным образом влияют на здоровье.

В двадцать первом веке существенно сократилась двигательная активность населения, многие пересели на автомобили, построено множество станций метро, и разные виды общественного транспорта стали доступны повсеместно, еду теперь можно заказать на дом, никуда не выходя – таких примеров можно привести множество, соответственно не надо задумываться о комфорте ног, ведь пройти надо совсем чуть-чуть. Теперь выходя из дома, некоторые женщины и девушки старательно подбирают модный образ, чтобы выглядеть совершенно. Они готовы отказаться от комфорта ради эстетики, совершенно не думая о своем здоровье. Женщины внимательно подбирают обувь и различные аксессуары, чтобы гармонично дополнить созданный ими образ. Довольно часто, чтобы выглядеть красиво и уверенно женщины надевают обувь на высоком каблуке, подсознательно зная, что будет неудобно и ходить они будут с трудом, но как говорится: «Красота требует жертв». А может лучше избежать этих жертв и позаботиться о своем здоровье?

Надо стремиться объединить комфорт и эстетику для обуви на высоком каблуке. Туфли на высоком каблуке сильно влияют на поясницу, увеличивают нагрузку на переднюю мышцу голени, а также смещают положение центра масс тела человека. Обувь на высоких каблуках приводит к увеличению веса, действующего на пальцы ног, вызывает растяжение связок голеностопного сустава и ноги, а также боль в спине. Ношение туфель на высоком каблуке влияет на длину шага, скорость ходьбы и походку. При ношении обуви на высоких каблуках осанка нестабильна и повышается риск падения, а дополнительная нагрузка на спину, создаваемая

каблуками, может вызвать увеличение поясничного лордоза и действия сжимающих сил на поясничные позвонки, что ведет к поясничному спондилезу.

Баланс и устойчивость тела, активация мышц голеностопного сустава и колена, шейного и поясничного отделов позвоночника, распределение массы тела и скорость ходьбы – все это зависит от ношения обуви на каблучке [1].

#### **Анализ параметров женской обуви**

В ходе анализа были выделены следующие факторы, описывающие конструкцию обуви: качество материалов, удобство конструкции модели обуви и прочность обуви. Прочностью обуви и подбором материалов занимается производитель, покупатель может выбрать ту модель, которую считает наиболее оптимальной и доступной. При этом покупая обувь, надо обратить особое внимание на конструктивные особенности модели. У обуви в зависимости от сезона есть свои особенности, поэтому некоторые факторы могут отличаться. Часть параметров при изготовлении обуви определены ГОСТами, например, жесткость подошвы и полнота модели обуви. Фиксация голенища характерна для зимней и осенне-весенней обуви, а задник обуви может отсутствовать в некоторых летних моделях. В качестве основных факторов комфорта можно выделить: высоту каблука, ширину носка обуви и является ли модель ортопедической. Со вторым параметром все понятно: нужно выбрать такую ширину носка, чтобы обувь нигде не давила, но при этом фиксировала бы стопу. Ортопедическую обувь носит маленький процент населения, который заботится о стопах своих ног, по разным причинам: кто-то в качестве профилактики, а кто-то уже из-за полученных заболеваний и деформаций стопы. Остается один очень коварный параметр комфортабельности обуви – высота каблука. У мужской классической обуви выбор высоты каблука не так велик: высота каблука варьируется от 2 до 4 см. А вот для женской обуви выбор каблуков очень обширный: высокий или низкий, шпилька или устойчивый каблук, твердый или амортизирующий мягкий каблук. Остановимся на анализе каблуков женской обуви, подробный иерархический граф, сформированный в ходе анализа параметров обуви, представлен на рисунке 1 [15-19].

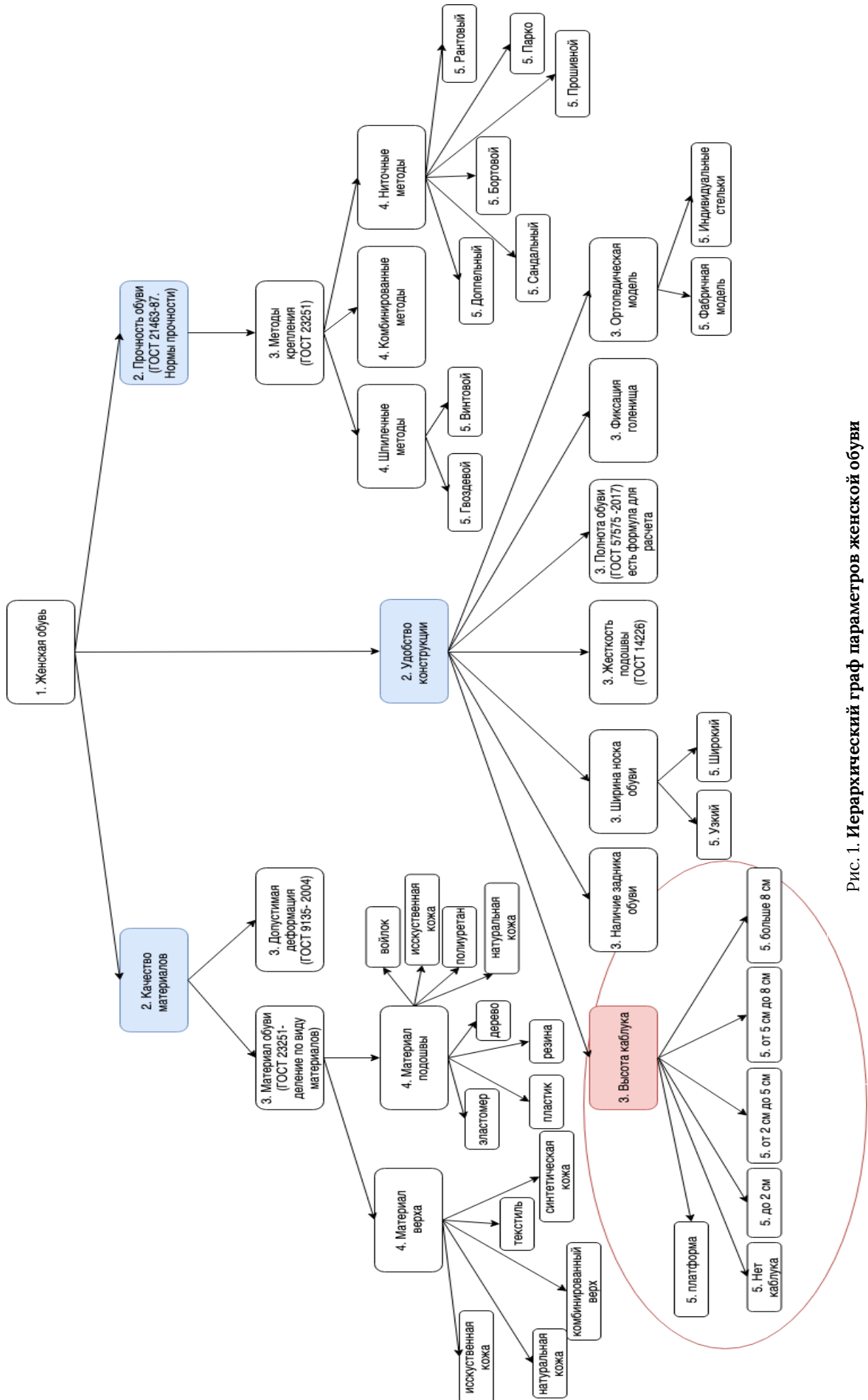


Рис. 1. Иерархический граф параметров женской обуви

### Влияние каблука на равновесие тела и опорно-двигательную систему

Баланс и устойчивость тела зависит от положения центра тяжести и величины площади опоры, то есть чем ниже центр тяжести тела и больше площадь опоры стопы, тем более устойчивое положение занимает тело.

Проведем эксперимент с замерами площади подошвы обуви в зависимости от высоты каблука. Для этого возьмем женскую обувь 39 размера с разной высотой каблука и измерим площадь подошвы, которая соприкасается с полом. Давление – это физическая величина, численно равная силе, действующей на единицу площади поверхности, перпендикулярно к этой поверхности.

На портале worlddata представлены сведения о среднем весе взрослых жителей 129 стран мира, согласно их данным средний вес женщин в России составляет 72,7 кг [13]. Расчет силы давления для женщины с усредненным значением веса – 70 кг произведен по физической формуле:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где P – давление, F – сила, S – площадь поверхности. Сила F была вычислена по формуле:

$$F = m * g, \quad (2)$$

где m – масса человека, g = 9,8 н/кг – ускорение свободного падения. Полученные результаты в ходе эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость давления на стопу от площади подошвы и высоты каблука

Номер замера	Высота каблука, м	Площадь подошвы, м <sup>2</sup>	Давление, оказываемое телом на каждую стопу, кПа
1. Кеды	0	0,0196	17,5
2. Сандалии	0,016	0,0146	23,5
3. Сапоги	0,04	0,0142	24,2
4. Ботильоны на толстом каблуке	0,08	0,0104	33,0
5. Босоножки на толстом каблуке	0,087	0,0083	41,3

Пример расчета давления, оказываемого телом на стопы человека, приведен для босоножек. Остальные значения рассчитаны аналогичным образом. Предположим, что вес человека составляет 70 кг, а площадь поверхности подошвы босоножек 39-го размера – 0,0083 м<sup>2</sup>. Рассчитаем давление, оказываемое телом на каждую стопу по формуле:

$$P = \frac{F}{2*S} = \frac{mg}{2*S} = \frac{70 \text{ кг} * 9,8 \text{ Н/кг}}{2 * 0,0083 \text{ м}^2} \approx \frac{82 \text{ 650}}{2} \approx 41,325 \text{ кПа}. \quad (3)$$

Таким образом, при сравнении результатов видно, что давление на стопу человека значительно увеличивается при ношении каблука, то есть в среднем на 2,7 кПа на каждый сантиметр высоты каблука.

Зависимость давления, оказываемого телом на каждую стопу, от высоты каблука представлена на рисунке 2.

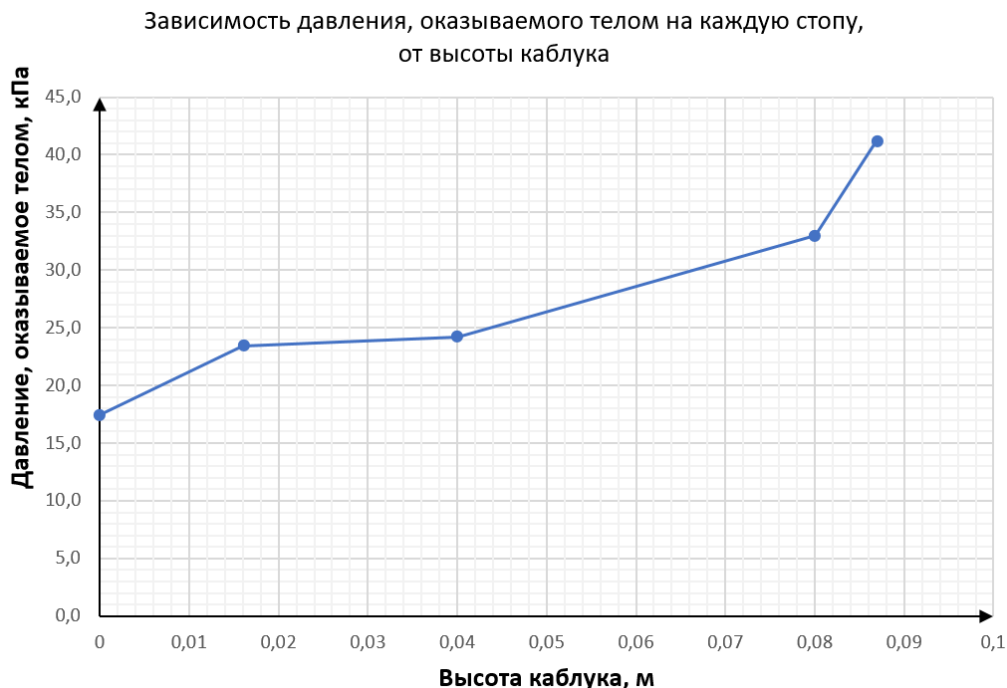


Рис. 2. Зависимость давления, оказываемого телом на каждую стопу, от высоты каблука

При увеличении высоты каблука площадь опоры ступни уменьшается. Пятка стопы располагается выше, и большая часть нагрузки приходится на переднюю часть стопы. В данном случае сложно произвести расчет, так как женская обувь может различаться по колодке и виду каблука (шпилька, средний каблук и толстый каблук). Полезнее всего выбирать обувь на толстом устойчивом каблуке, так как распределение давления на стопу будет равномернее. Зависимость давления, оказываемого телом на каждую стопу, от площади подошвы обуви, соприкасаемой с поверхностью, приведена на рисунке 3.

Получается, что площадь опоры стопы зависит от двух параметров: высота каблука и модификация женской обуви. Чем ниже высота каблука, тем больше площадь опоры стопы при условии, что модели обуви равнозначны (например, в обоих случаях используется толстый каблук, а не шпилька в первом случае и толстый каблук во втором случае). Для хорошего баланса тела нужно выбирать обувь на низком толстом каблуке. Таким образом, с увеличением высоты каблука растет значение давления на стопу и уменьшается площадь опоры при сравнении похожих моделей обуви.

Зависимость давления, оказываемого телом на каждую стопу, от площади подошвы обуви, соприкасаемой с поверхностью



Рис. 3. Зависимость давления, оказываемого телом на каждую стопу, от площади подошвы обуви

Ношение высоких каблуков сильно влияет на кинематику суставов лодыжки во время ходьбы, которая может привести к аномалиям в строении ног. Высокие каблуки уменьшают диапазон движения, а также повышают нагрузку на лодыжку, коленные и тазобедренные суставы. Увеличение угла сгибания в колене и лодыжке компенсируется большим изгибом в позвоночнике, что может вызывать поясничный лордоз [1]. Из-за каблуков меняется точка опоры: вместо всей поверхности стопы нагрузка идет преимущественно на носок. Из-за ненормального перераспределения нагрузки пяточное сухожилие оказывается незадействованным и постепенно атрофируется, ограничивая движение голеностопного сустава, деформируя мышцы и кости. В результате чего нарушается кровообращение стопы, и стопа хуже выполняет рессорную функцию.

Предположим, что есть человек весом 70 кг с размером обуви 39, длина его стопы составляет 25 см. Расстояние от голеностопного сустава до пятки равно 4 см, а расстояние от голеностопного сустава до фаланг пальцев равно 14 см. Будем считать, что суммарное расстояние от точки опоры до пятки равно 18 см, высота каблука варьируется. Следовательно, можно представить ногу в виде прямоугольного треугольника ABC с постоянной гипотенузой BA, равной 18 см, и переменным катетом BC, равным высоте каблука. Таким образом, найдем угол между поверхностью и стопой в зависимости от высоты каблука. Схема представлена на рисунке 4.

Пример расчета угла между стопой и точкой опоры приведен ниже. Пусть расстояние от каблука до точки опоры, BA равно 18 см, а высота каблука, BC равно 5 см.

Пусть есть треугольник ABC. Найдем угол BAC

$$\sin BAC = \frac{BC}{BA} = \frac{5}{18} = 0,278 \quad (4)$$

Для нахождения градусной меры угла возьмем арксинус:

$$\text{Arcsin}(0,278) = 16,13^\circ \quad (5)$$

Остальные углы рассчитаны аналогично.

Рассчитаем нагрузку на голеностопный сустав и силу, действующую на ахиллово сухожилие, для человека на каблуках. Вес человека приходится на подушечки стопы и пальцы. Кости стопы связаны ахилловым сухожилием и голеностопным суставом. Сила в ахилловом сухожилии направлена перпендикулярно линии через пятку и пальцы ног. Будем считать, что вес ступни ничтожно мал по сравнению с весом тела человека [2].

На рисунке 5 изображены силы, действующие на стопу:

$F_A$  – сила со стороны голени на сустав в лодыжке (голеностопный сустав);

$F_T$  – сила в ахилловом сухожилии

$F_N$  – сила реакции опоры

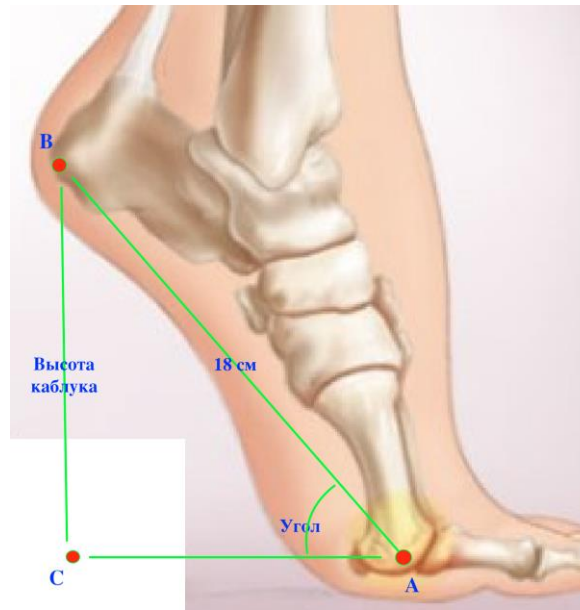


Рис. 4. Геометрическая схема стопы для расчета угла между поверхностью и стопой в зависимости от высоты каблука

Сила реакции опоры рассчитана по формуле:

$$F_N = mg = 700 \text{ Н} \quad (6)$$

Пусть расстояние от голеностопного сустава до пятки равно 4 см ( $d_1=4$  см), а расстояние от голеностопного сустава до фаланг пальцев равно 14 см ( $d_2=14$  см). Действующие силы на стопу и силы в прямоугольной декартовой системе координат (x, y) изображены на рисунке 5.

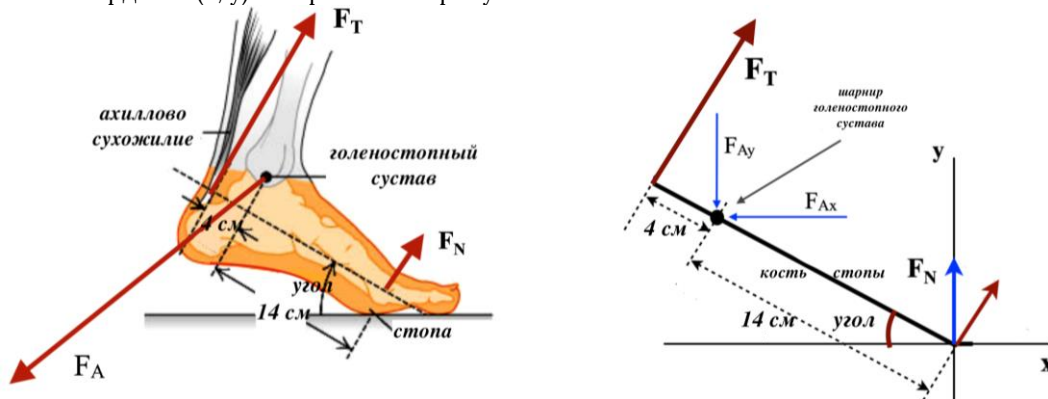


Рис. 5. Действующие силы на стопу

Условие статического равновесия:

$$\sum M = 0 \text{ и } \sum \vec{F} = 0 \quad (7)$$

то есть векторная сумма всех сил, действующих на тело, равна нулю и алгебраическая сумма моментов сил, действующих на тело, равна нулю. Будем использовать данное правило для расчета сил  $F_T, F_A$ .

1. Запишем правило моментов ( $\sum M_i = 0$ ) для стопы, голеностопный сустав используем в качестве точки поворота:

$$\sum M_i = -F_T * d_1 + F_N * \text{Cos}\gamma * d_2 = 0 \quad (8)$$

Найдем силу для ахиллова сухожилия  $F_T$ .

$$F_T = \frac{F_N * \text{Cos}\gamma * d_2}{d_1} = \frac{700 * \text{Cos} 16,13^\circ * 0,14}{0,04} = 2354 \text{ Н} \quad (9)$$

Сила  $F_T$ , действующая на ахиллово сухожилие, в 3 раза больше, чем сила  $F_N$ , создаваемая весом человека, согласно расчетам по формулам (7) и (9).

2. Запишем алгебраическую сумму сил:  $\sum \vec{F} = 0$  :

По оси x:

$$\sum F_x = F_T * \text{Sin}\beta - F_{Ax} = 0 \quad (10)$$

По оси y:

$$\sum F_y = F_T * \text{Cos}\beta + F_N - F_{Ay} = 0 \quad (11)$$

Найдем горизонтальные и вертикальные компоненты силы, действующей со стороны голени на сустав в лодыжке:

$$\begin{cases} F_{Ax} = F_T * \text{Sin}\beta \\ F_{Ay} = F_T * \text{Cos}\beta + F_N \end{cases} \quad (12)$$

Тогда

{

$$F_{Ax} = 2354 * \sin 16,13^\circ = 654 \text{ Н} \quad (14)$$

$$F_{Ay} = F_T * \cos \beta + F_N = 2961 \text{ Н} \quad (15)$$

3. Найдем величину и направление силы голеностопного сустава стопы:

$$F_A = \sqrt{(F_{Ax})^2 + (F_{Ay})^2} = \sqrt{(654)^2 + (2961)^2} = 3032 \text{ Н} \quad (16)$$

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{2961}{654} \right) = 77,5^\circ \quad (17)$$

Таким образом, величина силы, действующей на голеностопный сустав, в 4 раза превышает силу, создаваемую весом человека. Направление силы, действующей на голеностопный сустав – вниз от оси x под углом в 77,5 градусов.

Проведем аналогичные расчеты для разной высоты каблука для женщин весом 70 и 80 кг, которые представлены в таблице 2:

Таблица 2. Расчет сил  $F_T$ ,  $F_A$  и направления силы  $F_A$  для женщин весом 70 и 80 кг.

Высота каблука, см	Fт - сила в ахилловом сухожилии, Н		Fа - сила со с. тороны голени на сустав в лодыжке, Н		Угол действия силы голеностопного сустава, градусы
	m=70 кг	m=80 кг	m=70 кг	m=80 кг	
					Совпадает для 70 и 80 кг
0,001	2450	2800	3150	3600	90,0
0,5	2449	2799	3149	3599	88,8
1	2446	2796	3145	3595	87,5
2	2435	2783	3131	3579	85,0
3	2416	2761	3108	3552	82,6
4	2389	2730	3075	3514	80,1
5	2354	2690	3032	3465	77,5
6	2310	2640	2979	3405	75,0
7	2257	2580	2915	3331	72,5
8	2195	2508	2839	3244	69,9
9	2122	2425	2750	3143	67,3
10	2037	2328	2648	3026	64,7

Графики зависимостей сил  $F_T$ ,  $F_A$  от высоты каблука и для веса 70 и 80 кг представлены на рисунке 6.

Из-за ненормального перераспределения нагрузки на переднюю часть стопы ахиллово сухожилие и голеностопный сустав оказываются задействованными меньше. Идет перераспределение нагрузки, а в частности идет дополнительная нагрузка на большой палец, коленные суставы и на позвоночник.

Зависимость направления силы, действующей на голеностопный сустав, линейная, то есть угол данной силы уменьшается относительно нормали с увеличением высоты каблука. График зависимости представлен на рисунке 7.

Таким образом, с увеличением высоты каблука силы, действующие на ахиллово сухожилие и голеностопный сустав, уменьшаются, то есть идет перераспределение нагрузки на суставы человека. С данных суставов усилие перераспределяется на коленные суставы и позвоночник, что негативно сказывается на них.

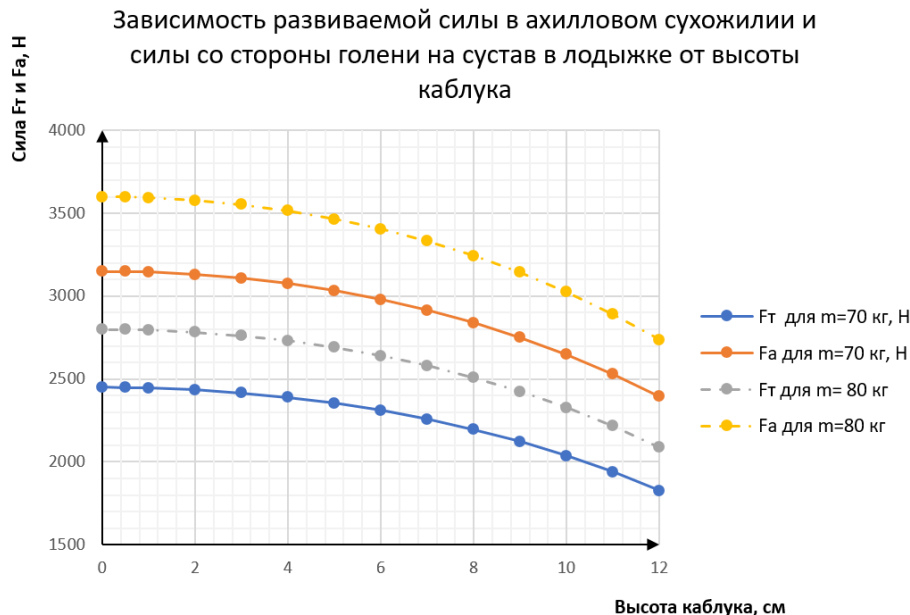


Рис. 6. Зависимость сил  $F_T$ ,  $F_A$  от высоты каблука

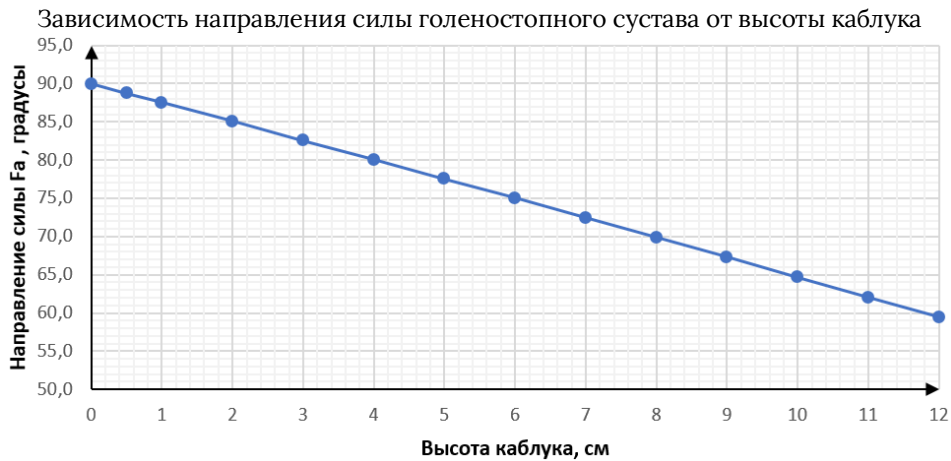


Рис. 7. Зависимость угла силы  $F_a$  от высоты каблука

Помимо дополнительной нагрузки на суставы наблюдаются отрицательные последствия ношения каблуков для мышц. Ношение высоких каблуков помещает икроножную мышцу в укороченное положение. Так как мышцы и сухожилия являются очень пластичными тканями, то частое использование высоких каблуков может вызвать структурные и функциональные изменения в икроножной мышце голени. Длительное использование обуви на высоком каблуке вызывает укорачивание мышечных пучков икроножной мышцы и увеличивает жесткость ахиллова сухожилия, уменьшая активный диапазон движения голеностопного сустава. Функционально эти два явления, по-видимому, противодействуют друг другу, поскольку не наблюдается существенных различий в статических или динамических моментах. При ношении каблуков происходит укорачивание ахиллова сухожилия на несколько сантиметров, что в свою очередь вызывает боли в пятке [3].

#### Скорость ходьбы и распределение нагрузки на разные зоны стопы

На стопе можно выделить 10 основных зон, которые представлены на рисунке 8 [4].

Рассмотрим, какие зоны стопы подвергаются наибольшей нагрузке при ношении каблуков и каким образом влияет скорость походки на распределение нагрузки на стопу.

Нога реагирует на более высокие скорости походки, усиливая пиковые значения давления в большом пальце ноги и в пятке. На давление в боковой передней части стопы не влияет увеличение скорости, в то время как давление в центральной и средней передней части стопы только первоначально увеличивается, на более высоких скоростях эти области давления неизменны или уменьшаются [5].

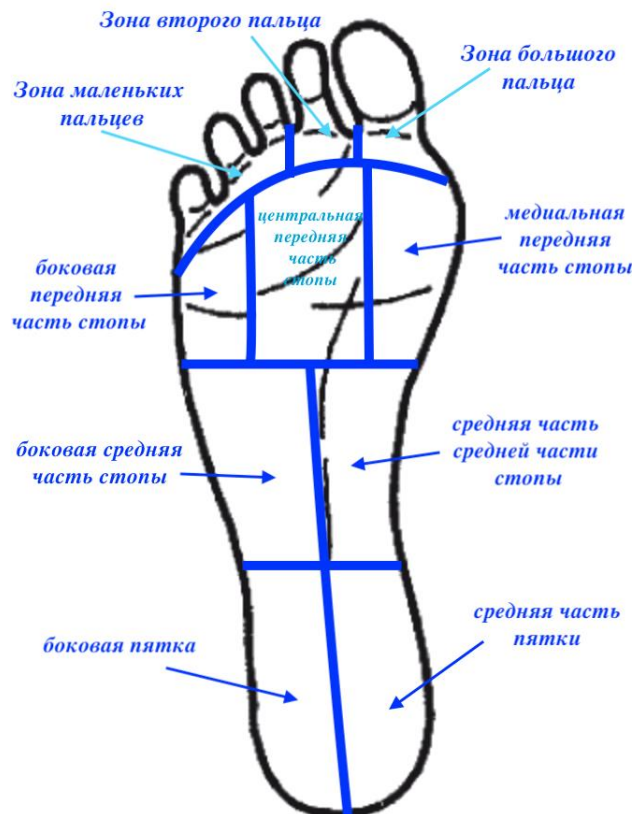


Рис. 8. Основные зоны стопы



Увеличение высоты каблука и скорости ходьбы приводит к повышению пикового давления в передней части стопы. Давление в передней части стопы значительно увеличивается при увеличении высоты каблука. Обувь на высоком каблуке заставляет сегмент тела выравниваться так, что центр давления в ноге смещается вперед. Более высокое пиковое подошвенное давление в передней части стопы при увеличении высоты каблука обусловлено увеличением сил реакции на землю из-за изменения положения лодыжки и центра масс во время походки. Согласно исследованию Рангра, Сантоса, Кода и Джагадамма при скорости 0,8 км/ч и каблуке 3 см пиковое давление было равно 321 кПа, а при скорости 3,9 км/ч давление возросло в 1,7 раза до 545 кПа. При первой скорости и высоте каблука 9 см давление составляло 405 кПа, а при скорости 3,9 км/ч увеличилось в 2,3 раза до 936 кПа. Следовательно высота каблука оказывает большее влияние на давление, действующее на стопу человека, в отличие от скорости ходьбы [6].

При хождении в обуви на плоской подошве почти две трети всей нагрузки приходится на заднюю часть стопы и 22 % процента на переднюю часть стопы, нагрузка на большой палец и среднюю часть стопы незначительная. С ростом высоты каблука наблюдается уменьшение нагрузки на пятку, но при этом происходит значительное увеличение сил, действующих на переднюю часть стопы. При каблуке в 10 см нагрузка на переднюю часть возрастает до 55%, а на пятку уменьшается в два раза. Также при увеличении высоты каблука до 10 см происходит увеличение нагрузки на большой палец стопы почти в два раза [7]. Результаты представлены на рисунке 9:

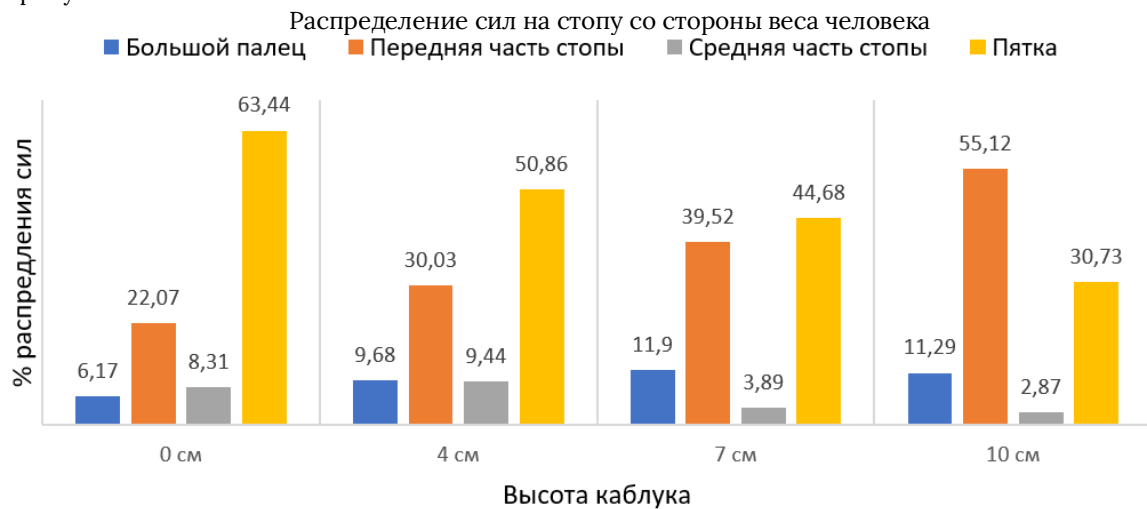


Рис. 9. Распределение сил, действующих на стопу человека

Таким образом, получается, что быстрая ходьба на высоких каблуках может вызывать боль в пятке и вальгусную деформацию большого пальца стопы, то есть отклонение большого пальца наружу, вызванное постоянным давлением на большой палец. Также эта патология связана с ношением узкой и остроконечной обуви. Обувь с острым носом, сжимающая пальцы ног, деформируют большой палец наружу, а пятый палец внутрь, что может привести к появлению шишек и мозолей. Постоянное ношение неудобной обуви может стать причиной отечности ног и варикозного расширения вен [8,9].

Еще одна проблема, связанная с использованием неправильной обуви, это молоткообразная деформация пальцев стоп. Эта деформация вызвана использованием каблука, который оказывает чрезмерное давление на плюснево-фаланговый сустав в результате хождения на высоких каблуках. Высокий каблук изменяет исходное положение ног, заставляя его оставаться в неудобном положении, и в конечном итоге наносит вред суставам между плюсневой и проксимальной фалангами пальцев. Это изменение в позе стопы приводит к тому, что вся нагрузка переносится вперед и направлена на суставы пальцев [8].

Ношение обуви на высоком каблуке является потенциальным фактором, способствующим увеличению риска развития остеоартрита коленного сустава у женщин в течение всей жизни [10].

Таким образом, можно сделать вывод, что увеличение скорости ходьбы и высоты каблука значительно влияют на давление, действующее на стопу человека. Распределение сил, действующих на разные зоны стопы, происходит неравномерно, большая нагрузка приходится на переднюю часть стопы, а в частности на большой палец и на пятку. Боль в пятке также может быть связана с натяжением в ахилловом сухожилии. В результате чего болят суставы, а подошва страдает от ощущения жжения. Какая именно часть стопы будет болеть после ношения каблуков определить сложно, так как это зависит от множества факторов, таких как изначальное состояние стопы и суставов человека, качество и комфортность обуви, высота и толщина каблука, вес человека, время нахождения на каблуках, стиль перемещения на каблуках. Основные болезни и ощущения, которые могут возникнуть перечислены выше.

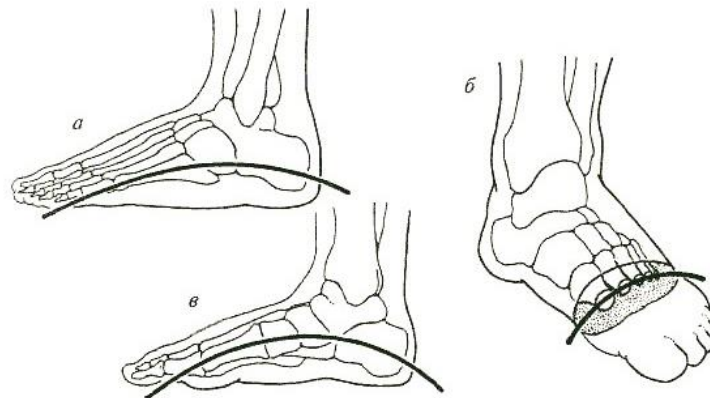
#### **Продолжительность ношения каблуков**

Если носить каблуки время от времени, то проблем со стопой не будет. Постоянное ношение каблуков негативно сказывается на здоровье ног. На рисунке 10 представлено нормальное состояние продольного и поперечного свода стопы. Со временем из-за ношения каблуков свод стопы изменяется и деформируется, что увеличивает нагрузку на стопу и стопа хуже выполняет свои функции из-за износа свода стопы.

**Своды стопы. Норма.**

*а. в. продольный свод*

*б. поперечный свод*



**Рис. 10. Нормальное состояние свода стопы**

Было проведено исследование, согласно которому, при ношении обуви на высоком каблуке в течении 2-5 лет происходит уменьшение площади соприкосновения средней части стопы с поверхностью и наблюдается более высокая подвижность подтаранного сустава. Спустя 6-10 лет ношения каблуков прослеживается плоскостопие и контакт средней части стопы с обувью увеличивается. Получается, что при ношении обуви на высоком каблуке продольный свод стопы имеет тенденцию подниматься в течении 2-5 лет, а спустя 6-10 лет ношения такой обуви происходит сплющивание продольного свода стопы. При ношении высоких каблуков более 20 лет происходит разрушение продольной арки передней части стопы [11].

В другом исследовании испытуемые ходили в обуви на каблуках разной высоты в течение 1 часа, а затем было проанализировано распределение давления в стопе, а также смещение центра тяжести. Были выделены 3 типа каблуков: обувь на плоской подошве (0,5 см), на среднем каблуке (4 см), на высоком каблуке (9 см). В итоге пришли к выводу, что даже кратковременное ношение высоких каблуков может отрицательно повлиять на организм. Распределение давления в ногах и смещение центра тяжести существенно не изменилось после ходьбы в обуви на среднем каблуке (4 см), но значительно изменились оба параметра после ходьбы в обуви на плоской подошве или обуви на высоком каблуке. Таким образом, получается, что как туфли на плоской подошве, так и туфли на высоком каблуке оказывают неблагоприятное влияние на организм. Наиболее предпочтительной обувью для здоровья и комфорта ног являются туфли на среднем устойчивом каблуке порядка 3-4 см [12].

Таким образом, можно сделать вывод, что даже непродолжительное ношение обуви на каблуке может вызывать боли в стопе. При редком использовании неправильной обуви негативных последствий для стопы не будет, хотя могут наблюдаться болезненные ощущения, а при долгосрочном ношении каблуков происходит изменение свода стопы. Не стоит носить каблуки каждый день, лучше чередовать их с комфортной обувью. Чтобы не получить серьезных проблем со здоровьем не рекомендуется носить каблуки более 4 часов в день, при этом желательно делать перерывы от каблуков каждые два часа, и категорически не советуется носить обувь с каблуком более 8-10 см. Оптимальным вариантом будет устойчивый каблук высотой 3-4 сантиметра. При данных параметрах вред для стопы будет минимален, но зрительно тело становится грациознее и стройнее. Небольшой каблук даже может быть полезен для людей с плоскостопием, так как распределение нагрузки будет равномернее, чем на плоской подошве и их ноги будут меньше уставать.

**Заключение**

Женская обувь была проанализирована с точки зрения следующих параметров: высота каблука, площадь опорной подошвы обуви, вес человека, оказываемое давление на стопу и распределение сил по зонам стопы, нагрузка на суставы и ахиллово сухожилие, а также как скорость ходьбы влияет на нагрузку стопы. Можно сказать, что оптимальным выбором обуви будет модель из натуральных материалов с толстым устойчивым каблуком высотой 3-4 см без узких сдавливающих частей, но с хорошей фиксацией пятки, так как при данном значении происходит равномерное распределение давления на зоны стопы и сохраняются хорошая способность баланса человека и риск падения не настолько критичен, также отсутствует значительное смещение центра тяжести. Это объясняется тем, что площадь подошвы обуви, соприкасаемой с поверхностью, еще не сокращена до минимальных значений. Бегать на каблуках не рекомендуется, так как с увеличением скорости передвижения увеличивается нагрузка на переднюю часть стопы. Выбирайте размеренную походку со средней длиной шага, чтобы было комфортно. По возможности не находите в обуви на высоких каблуках более 3-4 часов в день и делайте небольшие перерывы для ног, снимая обувь на пару минут и разминая, шевеля стопой.

Неправильный выбор моделей обуви и не соблюдение времени ношения каблуков может вызывать растяжение связок голеностопного сустава, заболевания и деформацию суставов, боли в шейном и поясничном отделах позвоночника, влиять на длину шага, скорость ходьбы и походку, некоторые последствия даже могут потребовать хирургического вмешательства.

Основные рекомендации по выбору обуви на каблук и выявленные закономерности представлены в сводной таблице 3.

Таблица 3. Основные проанализированные параметры

№	Название параметра	Вывод
1	Высота каблука	Оптимальное значение - толстый устойчивый каблук высотой 3-4см
2	Площадь опорной подошвы у обуви на каблуке	Чем выше каблук, тем меньше площадь опорной подошвы в идентичных моделях обуви
3	Вес человека	Чем меньше вес, тем меньше давление на стопу и нагрузка на суставы
4	Оказываемое давление на стопу	Зависит от параметров 1-3, минимальное давление будет при условии небольшого веса, низкого каблука и большой площади опорной подошвы
5	Нагрузка на сустав в лодыжке и усилии, развиваемое в ахилловом сухожилии	При увеличении высоты каблука нагрузка на ахиллово сухожилие и сустав в лодыжке уменьшается, но происходит укорачивание сухожилия и перераспределение нагрузки на другие коленные суставы, шейный и поясничный отделы позвоночника
6	Распределение давления на стопу в зависимости от скорости ходьбы	При увеличении скорости ходьбы возрастает давление на стопу, но при этом скорость ходьбы меньше влияет на увеличение давления, чем высота каблука
7	Время ношения обуви	Не каждый день, не более 4 часов в день с перерывами на разминку стопы. При постоянном ношении каблуков происходит деформация стопы

#### Литература:

1. Afzal F, Manzoor S (2017) Prolong Wearing of High Heeled Shoes Can Cause Low Back Pain. *J Nov Physiother* 7: 356. doi: 10.4172/2165-7025.1000356
2. Standing on Your Toes! [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [http://sdsu-physics.org/physics180/physics180A/units/unit3/images\\_unit3/Static\\_Equilibrium4.pdf](http://sdsu-physics.org/physics180/physics180A/units/unit3/images_unit3/Static_Equilibrium4.pdf) (дата обращения 19.12.2019)
3. R. Csapo, C. N. Maganaris, O. R. Seynnes, M. V. Narici (2010) On muscle, tendon and high heels. *Journal of Experimental Biology* 213: 2582-2588; doi: 10.1242/jeb.044271
4. Meghdad Teymouri, Farzin Halabchi, Maryam Mirshahi, Mohammad Ali Mansournia, Ali Mousavi Ahranjani, Amir Sadeghi (2017). Comparison of plantar pressure distribution between three different shoes and three common movements in futsal [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0187359> (дата обращения: 19.12.2019)
5. Ava D. Segal, Eric S. Rohr, Michael S. Orendurff, Bruce J Sangeorzan (2005) The effect of walking speed on peak plantar pressure. *Foot & Ankle International*, doi: 10.1177/107110070402501215
6. Rangra P, Santos D, Coda A, Jagadamma K (2017) The Influence of Walking Speed and Heel Height on Peak Plantar Pressure in the Forefoot of Healthy Adults: A Pilot Study. *Clin Res Foot Ankle* 5: 239. doi:10.4172/2329-910X.1000239
7. Vaniessa Dewi Hapsari, Shuping Xiong and Shaofei Yang. High heels on human stability and plantar pressure distribution: Effects of heel height and shoe wearing experience. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 2014* 58: 1653 DOI: 10.1177/1541931214581345
8. A C Broega, M Righetto and R Ribeiro (2017). Female high heel shoes: a study of comfort. *17th World Textile Conference AUTEX 2017*. doi:10.1088/1757-899X/254/23/232001
9. Dewi Soemarko, Fita Rahmasari, Achmad Fauzi Kamal, Sigit Daru Cahayadi Herqutanto (2019). Hallux valgus among sales promotion women wearing high heels in a department store. *Journal of Orthopaedic Surgery*. doi: 10.1177/2309499019828456
10. Matthew R Titchenal, Jessica L Asay, Julien Favre, Thomas P Andriacchi, Constance R Chu (2014). Effects of high heel wear and increased weight on the knee during walking. *Journal of Orthopaedic Research*. doi: 10.1002/jor.22775
11. Chun-Ming Yin, Xiao-Hua Pan, Yu-Xin Sun, Zhi-Bin Chen (2016). Effects of duration of wearing high-heeled shoes on plantar pressure. *Human Movement Science*. doi: 10.1016/j.humov.2016.06.005
12. Dong Yeol Ko, Han Suk Lee (2013). The Changes of COP and Foot Pressure after One Hour's Walking Wearing High-heeled and Flat Shoes. *Journal of Physical Therapy Science*. doi: 10.1589/jpts.25.1309
13. Average sizes of men and women. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.worlddata.info/average-bodyheight.php> (дата обращения: 19.12.2019)
14. Н.В. Полунина, Ю.П. Пивоваров, О.Ю. Милушкина. Профилактическая медицина-основа сохранения здоровья населения. *Вестник РГМУ*.2018; (5):5-13.
15. ГОСТ 23251-83 Обувь. Термины и определения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200018386> (дата обращения: 28.12.2019)



[www.esa-conference.ru](http://www.esa-conference.ru)

16. ГОСТ 9135-2004. Межгосударственный стандарт. Обувь. Метод определения общей и остаточной деформации подноски и задника. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9135-2004> (дата обращения: 28.12.2019)
17. ГОСТ 21463-87. Обувь. Нормы прочности. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-21463-87>(дата обращения: 28.12.2019)
18. ГОСТ 14226-80. Обувь. Нормы гибкости. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/30735/> (дата обращения: 28.12.2019)
19. ГОСТ Р 57575-2017 (ISO/TS 19408:2015) Обувь. Определение размеров. Термины и определения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200146441> (дата обращения: 28.12.2019)