

БИОМЕХАНИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНО-РАСПЛАСТАННОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОПЫ И ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИ ОПРАВДААННЫЕ СПОСОБЫ ЛЕЧЕНИЯ

Федоров В.Г.¹, Злобин А.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия Минздрава России», Ижевск, e-mail: doctorfvg@ya.ru

Поперечное плоскостопие с вальгусным отклонением первого пальца составляет до 80% патологии среди заболеваний опорно-двигательной системы. Доля женщин среди прооперированных составляет до 96%. Хирургическое лечение данной деформации стопы в настоящее время насчитывает около 400 способов. Цель исследования. Рассмотреть патогенез развития и предложить на основе изучения литературных данных патогенетически обоснованные способы хирургической коррекции клинических проявлений деформации переднего отдела стопы. Было изучено по данным сайтов eLIBRARY и FREEPATENT.RU 97 литературных источников за последние годы. На основании полученных данных составлена логически выстроенная биомеханическая цепь возникновения и выявлена закономерность развития проявлений плоскостопия. Выявлена последовательность вовлечения каждого элемента переднего отдела стопы в патогенезе. 1. Процесс начинается с внутреннего отдела стопы, после начала расхождения М1 и М2. 2. Затем в патогенез включается первый плюсне-фаланговый сустав - именно здесь формируется симптомокомплекс hallux valgus. 3. Далее возникает молоткообразная деформация второго и (в последующем) третьего пальцев. 4. В некоторых случаях наблюдается варусная деформация пятого пальца minimus varus. 5. В области первого плюснефалангового сустава с медиальной стороны образуется бурсит и ороговелость. 6. Одновременно формируются натоптыши на тыльной поверхности пальцев и в области головок плюсневых костей на подошвенной поверхности. Подход к выбору способа оперативного лечения поперечного плоскостопия должен быть дифференцированным и зависеть от степени, скорости развития всех выявленных звеньев механопатогенеза и возраста пациента. Наиболее эффективным и радикальным в настоящее время является малотравматичный способ лечения ПРДС, описанный в Патенте РФ на изобретение № 2517768.

Ключевые слова: поперечное плоскостопие, hallux valgus, вальгус, молоткообразная деформация варус, minimus varus, артродез, синостоз.

BIOMECHANICS OF FORMACION OF TRANSVERSAL-SPREADED DEFORMACION OF THE FOOT. PATHOGENETICALLY JUSTIFIED METHODS OF TREATMENT

Fedorov V.G.¹, Zlobyn A.V.¹

¹Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, e-mail: doctorfvg@ya.ru

Transversal flatfoot with valgus diversion of the first finger forms near to 80% of pathologies among disorders of muscle-skeletal system. The percent of women among the patients is about 96%. Nowadays there are about 400 methods of surgery treatment of foot's deformation. The aim of investigation. The aim is to investigate the pathogenesis of development and elaborate pathgenetically justified methods of surgery correction of clinical symptoms of deformation of forefoot which are based on scientific literature. We have found out 97 sources of actual information (eLIBRARY, freepatent.ru). According this data it was worked out logically built biomechanical chain of developing and found out the regularity of developing the symptoms of flatfoot. It also was identified the sequence of involving of each element of forefoot in pathogenesis. 1. The process starts with internal part of the foot after the beginning of deviation between M1 and M2. 2. Than the first metatarsal-phalangeal joint includes in pathogenesis. The hallux valgus complex of symptoms is forming in this area. 3. The process leads to hammer-shaped deformation of second finger (and further – the third finger). 4. Sometimes we can see varus deformation of fifth finger – minimus varus. 5. The bursitis and callus are appeared in the metatarsophalangeal joint's area. 6. At the same time plantar callosities are forming at the rear surface of fingers and in the area of the heads of metatarsals of plantar surface. The approach to the choice of the method of operative treatment of transverse flatfoot should be differentiated and it depends on the degree and the speed of development ig all parts of mechanopathogenesis and the age of the patient. The most effective and radical and at the same time the less traumatical method of treatment of tranverse flatfoot is described on the Patent for invention № 2517768 (Russian Federation).

Keywords: transverse flatfoot, hallux valgus, valgus, hammer-shaped deformation of varus., minimus varus, arthrodesis, synostosis.

Среди всех ортопедических заболеваний, по данным литературы [1; 2], от 72 до 80% занимает симптомокомплекс деформации переднего отдела стопы с вальгусным отклонением первого пальца и молоткообразной деформацией второго пальца, и чаще всего этот процесс двусторонний [3].

Данная патология преимущественно встречается у лиц женского пола, отчасти это связано с ношением нерациональной обуви на высоком каблуке и с узким носком, при использовании которой максимальная осевая нагрузка массы тела приходится на сдавленный обувью передний отдел стопы. По данным различных авторов [4-6], среди прооперированных женщин было до 95,6%. Две трети из них имели анамнез начала проявления заболевания более 10 лет. Лиц моложе 30 лет было 16,5%, что говорит об омоложении данной патологии.

В настоящее время, по данным различных авторов, занимающихся проблемой плоскостопия, имеется около 400 способов хирургического лечения поперечно-распластанной деформации стопы (ПРДС). Учитывая этот факт, можно сделать закономерный вывод: за период истории развития хирургии «плоскостопия» не были разработаны прорывные, революционные способы лечения данной деформации. Соответственно все способы носят паллиативный или в какой-то мере косметическо-паллиативный характер, не гарантирующий от рецидива [7-9]. Наиболее вероятными причинами сложившейся ситуации являются, во-первых, отсутствие понимания патогенеза развития деформации с биомеханической точки зрения, а во-вторых, удовлетворенность пациентов новым качеством жизни при положительном результате лечения.

Все оперативное лечение можно разделить на следующие способы: мягкотканые, костно-резекционно-корректирующие способы и комбинированные.

Цель исследования: рассмотреть патогенез поперечно-распластанного плоскостопия с позиций анатомии и биомеханики формирования ПРДС и предложить на основе изучения литературных данных патогенетически обоснованные способы хирургической коррекции клинических проявлений деформации переднего отдела стопы.

Было изучено по данным eLIBRARY 87 литературных источников: 53 источника литературы после набора текста «поперечное плоскостопие», 15 при наборе словосочетания «hallux valgus» и 9 при поиске ключевого слова «молоткообразная деформация». Практически все статьи посвящены способам оперативного лечения, в статьях даны характеристики авторского способа и результаты его применения. Необходимо отметить, что все авторские способы лечения поперечно-распластанной деформации дают хороший эффект. Также изучены патенты на сайте freepatent.ru по запросу «плоскостопие» с 2012 по 2017 год (за пять лет). Из 216 ответов первые 49 патентов РФ касались различных способов

лечения - из них 10 способов относились к хирургической коррекции ПРДС. На основании полученных данных (97 источников) составлена логически выстроенная биомеханическая цепь возникновения и выявлена закономерность развития проявлений ПРДС.

Стопа с анатомической точки зрения – это комплекс костей, соединенных определенным образом связками, суставами и мышцами. Основная функция стопы – амортизация ударов человеческого тела при ходьбе. Согласно третьему закону Ньютона, с какой силой мы «ударяем» по поверхности, с такой силой и идет обратная волна - сила противодействия: $F_1 = -F_2$ [10]. Сила отдачи удара нашей стопы постепенно гасится стопой, суставами нижних конечностей, крестцово-подвздошным сочленением, дисками позвонков, и до головы доходит около 1% от исходной силы. При этом стопа «гасит» обратный удар примерно на 50%, тем самым состояние сводов стопы оказывает большое влияние на качество жизни.

Наибольшее значение в формировании ПРДС играют кости внутренней поверхности стопы (от клиновидных костей до фаланг), которые, в свою очередь, формируют внутренний продольный свод. Кости, участвующие в развитии патологии, - это клиновидные (медиальная C_m и средняя C_i), плюсневые (первая и вторая), основные фаланги пальцев (первого и второго), в меньшей степени другие фаланги этих костей. Кроме того, две сесамовидные кости также играют большую роль в опоре стопы и при прогрессировании ПРДС начинают значительно влиять на формирование болевого синдрома при статической нагрузке и при ходьбе, а также на возникновение молоточкообразной деформации второго и третьего пальцев стоп.

Нами выявлена последовательность (закономерность) вовлечения каждого элемента переднего отдела стопы в патогенезе. Порядок вовлеченности суставов, связок, мышц и костей стопы в патогенез и влияние его на клиническую картину ПРДС можно представить следующим образом.

1. Процесс начинается с внутреннего отдела стопы, после начала расхождения M_1 и M_2 . Происходит увеличение угла между сочленением оснований первой (M_1) и второй (M_2) плюсневых костей (необходимо отметить, что в основном отходит луч M_1 , т.к. лучу M_2 мешают все кости латеральной части стопы):

а) при этом перегружается соединение между медиальной клиновидной и первой плюсневой костями (первый плюсне-клиновидный сустав);

б) если первый плюсне-клиновидный сустав значительно усилен за счет связочного аппарата, то происходит расхождение между медиальной клиновидной (C_m) и промежуточной (C_i) клиновидными костями, при этом образуется видимый на рентгенограмме угол расхождения [11].

2. Затем в патогенез включается первый плюсне-фаланговый сустав - именно здесь формируется симптомокомплекс *hallux valgus*, в который входит:

а) образование подвывиха основания основной фаланги первого пальца, который связан с особенностью точек прикрепления мышц. При увеличении угла М1М2 сухожилия мышцы, приводящей первый палец стопы, стремятся оставить на месте сесамовидные кости и основание основной фаланги первого пальца стопы (это точки прикрепления данной мышцы). В процессе скольжения по плюсне-сесамовидным суставам происходит пронация головки первой плюсневой кости, что приводит к резкому увеличению нагрузки на первый плюсне-фаланговый и медиально-клиновидно-плюсневый суставы. Параллельно с этим *m. adductor hallucis*, местом прикрепления которой является латеральная сесамовидная кость и основание проксимальной фаланги первого пальца стопы, сдвигает латерально основание проксимальной фаланги 1-го пальца, образуя открытый снаружи угол в первом плюсне-фаланговом суставе. Итогом разнонаправленного движения головки первой плюсневой кости, смещающейся кнутри, и основания проксимальной фаланги первого пальца, движущегося кнаружи, является подвывих основания проксимальной фаланги первого пальца стопы;

б) перерастяжение внутренней боковой связки (несостоятельность связки) первого пястно-фалангового сустава вследствие процесса подвывиха основания основной фаланги первого пальца в результате разнонаправленного движения костей, образующих первый плюсне-фаланговый сустав (головка М1 движется кнутри и одновременно ротируется/пронируется, а комплекс сесамовидных костей остается на месте);

с) подвывих сесамовидных костей с одновременной пронацией/ротацией первой фаланги [12-14].

3. Далее возникает молотчкообразная деформация второго и (в последующем) третьего пальцев [6]:

а) тыльное сгибание основной фаланги с одновременным укорочением сухожилия разгибателя пальцев короткого и длинного;

б) подошвенное сгибание средней фаланги с одновременным укорочением сухожилия сгибателя пальцев короткого и длинного.

4. В некоторых случаях наблюдается варусная деформация пятого пальца *minimus varus* (Тейлора деформация) [15]:

а) образование подвывиха основания основной фаланги пятого пальца;

б) перерастяжение наружной боковой связки плюсне-фалангового сустава.

5. В области первого плюснефалангового сустава с медиальной стороны образуется бурсит и в зависимости от носимой обуви - омокелость.

6. Одновременно с вышеперечисленными изменениями формируются натоптыши на тыльной поверхности пальцев (преимущественно второго и третьего) и в области головок плюсневых костей (второй и третьей) на подошвенной поверхности.

Исходя из перечисленной последовательности механогенеза развития ПРДС, необходимо формировать патогенетически обоснованный план оперативного лечения [16].

Все известные операции не пытаются воздействовать на первопричину деформации (дисплазию соединительной ткани не надо считать первопричиной начала деформации, это не патогенез, а этиология). Популярны ныне хирургические способы лечения ориентируются на устранение какой-либо одной или нескольких видимых деформаций и, в первую очередь, на ликвидацию вальгусной деформации первого пальца, причем не путем выведения М1 в физиологическое положение, а за счет деформации луча М1 в результате различных остеотомий [17; 18].

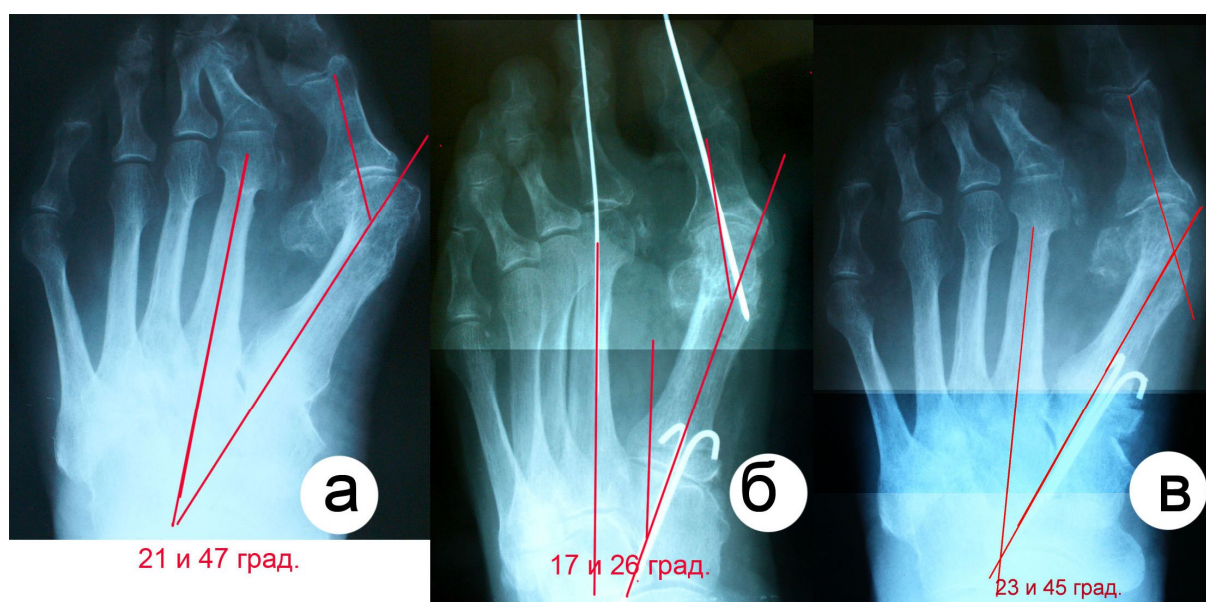


Рис. 1. Пациентка Б., 67 лет:

а) при госпитализации (первая операция, предположительно Шеде, выполнена более 20 лет назад); б) после операции артродеза между медиальной клиновидной костью и первой плюсневой костью (СтМ1) перед выпиской из стационара; в) через 3 мес. после операции (артродез состоялся, имеется костный анкилоз СтМ1). После нагрузки в течение 1 мес. произошло увеличение углов деформаций за счет расхождения средней и медиальной клиновидных костей (СтСi)

С нашей точки зрения, с учетом развития вышеперечисленного механизма формирования ПРДС патогенетически оправданный способ - воздействие на первое звено, т.е. нормализация угла (до 8 град.) [19, 20] между М1 и М2 и создание условий невозможности расхождения в позднем послеоперационном периоде, при нагрузках (рис. 1).

Устранение второго компонента не вызывает затруднения. Как правило, остеофиты головки М1 резецируются (операция Шеде), хотя часто неоправданно резецируется часть головки (рис. 1), что приводит к дисконгруентности/деформации суставных поверхностей в плюсне-фаланговом суставе, усилению болевого синдрома в сесамовидно-плюсневом суставе и прогрессированию артроза, соответственно, к усилению болевого синдрома при ходьбе. Подвывих основной фаланги устраняется одновременно с капсуло-лигаменторафией с внутренней стороны сустава. Способов устранения данного компонента существует множество, и каждый из них входит в четыреста способов хирургического лечения поперечного плоскостопия.

Относительно затруднительным моментом в устранении всех компонентов второго пункта патогенеза является ликвидация подвывиха сесамовидных костей с одновременной пронацией/ротацией первой фаланги. Именно данный момент патогенеза значительно влияет на дискомфорт и болевой синдром при ходьбе (рис. 2).

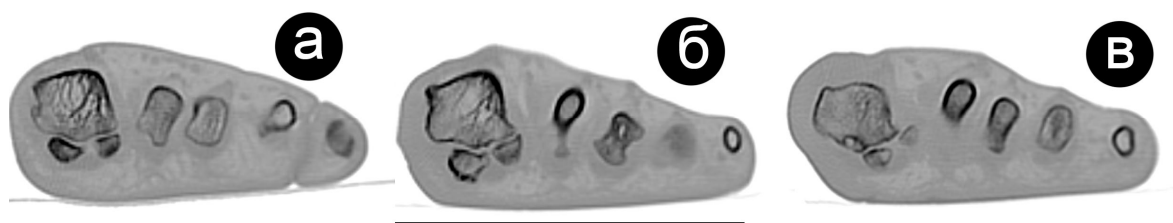


Рис. 2. СКТ переднего отдела стоп (изображение преобразовано в состояние инверсии).

Соотношение сесамовидных костей при различной степени распластывания:

а) первая степень, опора при ходьбе на две сесамовидные кости; б) вторая степень, произошла пронация/ротация, нагрузка при ходьбе преимущественно на одну сесамовидную кость, появились начальные признаки артроза; в) третья степень, выраженный разворот/пронация М1, нагрузка в большей степени на головку М1, деформирующий артроз с выраженными краевыми разрастаниями, имеется кистовидная перестройка головки

Третий элемент патогенеза - молоточкообразная деформация второго и (в последующем) третьего пальцев. Оперативные способы лечения данной деформации в основном включают резекции головок плюсневых костей и головок основных фаланг с капсулотомией, рассечением или удлинением сухожилий сгибателей и разгибателей, остеотомии и артродез.

Четвертый элемент - варусная деформация пятого пальца - встречается редко. При этом абсолютное большинство пациентов после успешно проведенной операции на первом и втором пальцах, особенно в возрасте более 45 лет, как правило, отказываются от устранения этого элемента, т.к. *minimus varus* на фоне патологии медиального отдела стопы малозначительна (рис. 3).

Выводы. Из всего сказанного следует: если оперативное лечение проведено в ранние сроки (при появлении первого звена патомеханизма) формирования плоскостопия, необходимость во многих операциях по ликвидации следующих элементов деформации отпадает [21; 22].

К выбору способа оперативного лечения поперечного плоскостопия подход должен быть дифференцированным и зависеть от степени, скорости развития всех выявленных звеньев механопатогенеза ПРДС и возраста пациента. Чем раньше выявляются проявления пронации М1, тем радикальнее должна быть операция [23; 24]. Для улучшения функции стопы нецелесообразно игнорировать подвывих сесамовидных костей – надо восстанавливать анатомию.

Наиболее эффективным и радикальным (ликвидирующим все звенья симптомокомплекса hallux valgus) в настоящее время является малотравматичный способ лечения ПРДС, описанный в Патенте РФ на изобретение № 2517768 (рис. 3) [25].



*Рис. 3. Пациентка Н., 53 г.: а) до операции; б) после операции через 4 мес. Операция выполнена по патенту РФ № 2517768. Во время операции выполнено формирование внутренней боковой связки, деротация М1 (сесамовидные кости встали на свое место), создание анатомических взаимоотношений в сесамовидно-плюсневом суставе и костная пластика для синостозирования М1М2. От операции по устранению *minimus varus* больная отказалась, т.к. её качество жизни значительно улучшилось, а деформация пятого пальца не беспокоила*

Необходимо продолжить работу над совершенствованием технических решений для радикального и малотравматичного способа хирургического лечения поперечно-распластанной деформации переднего отдела стопы.

Список литературы

1. Беленький А.Г. Плоскостопие: проявление и диагностика // *Consilium medicum*. 2005. Т. 7. № 8. С. 618-622.
2. Обухов И.Э., Савинцев А.М., Бойченко А.В., Способы хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стопы // *Профилактическая и клиническая медицина*. 2011. № 2-2 (39). С. 107-109.
3. Прозоровский Д.В., Романенко К.К., Ершов Д.В. Дифференцированный подход к лечению молоткообразных деформаций пальцев стопы у взрослых // *Травма*. 2014. Т. 15. № 2. С. 125-129.
4. Костюшев С.М. Современные методы хирургического лечения поперечного плоскостопия с вальгусной деформацией первого пальца стопы : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2002. 25 с.
5. Diagnosis and Treatment of First Metatarsophalangeal Disorders. Section 1: Hallux Valgus. *The journal of foot & ankle surgery*. 2003. Vol. 42. Issue 3. P. 112-123.
6. Привалов А.М. Современные возможности хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стопы // *Казанский медицинский журнал*. 2017. Т. 98. № 2. С. 296-299.
7. Кузьмин В.И., Черкашов А.М., Шарамко Т.Г., Горохов М.А. Наш опыт хирургического лечения больных с поперечным плоскостопием, hallux valgus // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова*. 2016. Т. 24. № 3. С. 108-117.
8. Lipscombe S, Molloy A, Sirikonda S: Scarf osteotomy for the correction of hallux valgus: Midterm clinical outcome. *J. Foot Ankle Surg*. 2008. no.47. P. 273-277.
9. Bauer T. Percutaneous forefoot surgery. *Orthop. Traumatol. Surg. Res*. 2014. Vol. 100(1 Suppl.). P. 191-204.
10. Зотеев А.В., Склянкин А.А. Лекции по курсу общей физики. Механика. Электричество и магнетизм. Учебное пособие. Баку: Издательство МГУ им. М.В. Ломоносова, филиал МГУ в г. Баку, 2014. 35 с.
11. Федоров В.Г. Новое в биомеханогенезе формирования hallux valgus поперечно-распластанной деформации стопы и принципы оперативного лечения с учетом патогенеза // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26202> (дата обращения: 20.10.2018).
12. Карандин А.С. Хирургическая коррекция вальгусного отклонения первого пальца гиперэластичной стопы. автореф. дис. ... канд мед наук. Москва, 2016. 28 с.
13. Злобин А.В., Федоров В.Г. Ближайшие результаты оперативных методов лечения

поперечно-распластанного плоскостопия по шкале AOFAS в г. Ижевск // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2018. Т. 11. № 2 (39). С. 114-118.

14. Минасов Б.Ш., Гутов С.П., Билялов А.Р. Эстетическая хирургия компенсированных деформаций переднего отдела стопы при деструктивно-дистрофических заболеваниях // Креативная хирургия и онкология. 2011. № 2. С. 10-13.

15. Бережной С.Ю. «Подлежащий» пятый палец стопы (quintus varus infraductus): описание деформации, классификация, чрескожное хирургическое лечение // Московский хирургический журнал. 2012. № 4 (26). С. 19-22.

16. Maceira E., Monteagudo M. Transfer metatarsalgia post hallux valgus surgery. Foot Ankle Clin. 2014. Vol. 19 (2). P.285-307.

17. Маловицкий И.Н., Рошаль С.М. Эластичность тканей поперечного свода стопы у студенток уральского государственного медицинского университета // Молодой ученый. 2018. № 18 (204). С. 129-132.

18. Тихомирова, Н.Ю., Елисева Л.Н., Малхасян И.Г., Басте З.А. Особенности суставного синдрома у лиц молодого возраста с недифференцированной дисплазией соединительной ткани // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. [Электронный ресурс]. URL <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17322> (дата обращения: 20.10.2018).

19. Яременко Д.А. Диагностика и классификация статических деформации стоп // Ортопед., травм. 1985. №11. С.59-67.

20. Michael J. Coughlin, Charles L. Saltzman, James A. Nunley Angular Measurements in the Evaluation of Hallux Valgus Deformities: A Report of the Ad Hoc Committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on Angular Measurements. Foot & Ankle International. 2002. V. 23(1). P. 68-74.

21. Хоминец В.В., Рикун О.В., Гамолин С.В., Шаповалов В.М., Гранкин А.С., Буткевич А.А. Алгоритм хирургического лечения и послеоперационной реабилитации больных с поперечным плоскостопием // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. № 4 (20). С. 57-63.

22. Машков В.М., Несенюк Е.Л., Сорокин Е.П., Безродная Н.В., Шахматенко И.Е. Опыт хирургической коррекции вальгусного отклонения первого пальца стопы у пациентов с поперечным плоскостопием и деформирующим артрозом первого плюснефалангового сустава // Травматология и ортопедия России. 2013. № 1 (67). С. 72-78.

23. Ранков М.М., Гуманенко Е.К., Парфеев С.Г., Бойченко А.В., Чапурин В.А. Анализ результатов оперативного лечения больных с поперечным плоскостопием // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26024> (дата обращения: 16.11.2018).

24. Безгодков Ю.А., Аль Д., Осланова А.Г., Саидова К.М. Хирургическое лечение

статических деформаций стоп // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13648> (дата обращения: 16.11.2018).

25. Федоров В.Г., Чернов А.В. Способ коррекции поперечного плоскостопия. Патент РФ № 2517768. Патентообладатель Федоров В.Г. 2014.Бюл. № 5.