

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ Z - ОБРАЗНОЙ АХИЛЛОТОМИИ ПРИ УДЛИНЕНИИ ГОЛЕНИ С ВЫСОКИМ СУТОЧНЫМ ТЕМПОМ У СОБАК

Горбач Елена Николаевна, ведущий научный сотрудник лаборатории «Морфологии
Степанов Михаил Александрович, кандидат биологических наук ведущий научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей
ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России,
640014, г. Курган, ул. М.Ульяновой, д.6, (3522) 41-52-73; e-mail:gorbach.e@mail.ru,
e-mail: m-stepanov@mail.ru

Ключевые слова: эквинусная постановка стопы, ахиллотомия, чрескостный дистракционный остеосинтез, репаративный остеогенез.

В эксперименте на 19 взрослых беспородных собаках клиническими, рентгенологическими, гистологическими методами установлено, что применение Z - образной ахиллотомии при удлинении голени аппаратом Илизарова с автоматическим приводом на 15% со среднесуточным темпом 3мм исключает возникновение эквинусной постановки стопы и минимизирует развитие сгибательной контрактуры коленного и заплюсневого суставов, оптимизируя условия для репаративного остеогенеза.

Введение

Известно, что при удлинении нижних конечностей более 15% от исходной длины и применении повышенных темпов дистракции – 2 мм в сутки и более, несмотря на активный остеогенез и быстрое восстановление опороспособности конечности [1, 2], нередки случаи возникновения сгибательной контрактуры коленного сустава и эквинусной постановки стопы [3, 4, 5, 6]. Одной из причин возникновения контрактур смежных суставов при удлинении голени считается несбалансированность мышца-антагонистов и плохая растяжимость ахиллова сухожилия [7, 8, 9, 10].

С целью профилактики эквинусной постановки стопы рекомендуется во время удлинения фиксировать голеностопный сустав в физиологическом положении. При коррекции эквинусной постановки используют различные варианты ахиллотомии и остеотомии пяточной кости [11]. Экспериментальные работы по данной проблеме единичные и не отражают истинную картину.

Объекты и методы исследований

С целью апробации методики хирургической коррекции эквинусной постановки плюсны при удлинении костей голени выполнено 2 серии экспериментов на 19 беспородных собаках в возрасте от 1 до 3 лет,

с длиной голени 19,5 см. Всем животным на голень монтировали аппарат Илизарова и производили флексионную остеоклазию берцовых костей. После чего в течение 10 суток осуществляли удлинение выше обозначенного сегмента конечности на 15 % от его исходной длины путем круглосуточной высокодробной дистракции с темпом 3,0 мм в сутки за 120 приемов. Высокая дробность обеспечивалась специальными автоматическими приводами (дистракторами) с автономным питанием и блоком управления. В первой серии опытов (контрольной) (n=10) удлинение осуществлялось без дополнительного воздействия. Во второй серии (опытной) (n=9) с целью оперативной коррекции эквинусной постановки стопы использовалась Z - образная ахиллотомия. Животных выводили из опыта по завершении дистракции, на 30 сутки фиксации конечности в аппарате и через 30 суток после его снятия. Содержание животных, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли согласно приказу МЗ СССР № 755, 1977 г.

Фрагменты дистракционных регенератов диафизов большеберцовой кости фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, декальцинировали в смеси Рихмана-Гельфанда-Хилла, обезвоживали в спиртах

возрастающей концентрации и заливали в целлоидин. Гистотопографические срезы толщиной 20-25 мкм изготавливали на санном микротоме («Riechard», Германия), затем окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по методу Ван-Гизона, по Массону. Микроскопическое светооптическое исследование гистологических препаратов продольных распилов дистракционных регенератов и оцифровка изображений диафизов большеберцовой кости выполнены с применением стереомикроскопа AxioScope A1 и цифровой камеры AxioCam ICc 5 в комплекте с программным обеспечением Zen blue («Carl Zeiss MicroImaging GmbH», Германия). На оцифрованных изображениях выполняли морфометрические исследования. В программе «ВидеоТест-Морфология 4.0» (Россия) определяли объемные доли (V_{vi}) костной, волокнистой соединительной тканей и костного мозга (%).

Полученные количественные данные подвергали статистической обработке с использованием программы AtteStat 13.1 (Россия). Различия показателей считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследований

У собак ахиллово сухожилие состоит из пучков сухожилий икроножной мышцы, сухожилия поверхностного сгибателя пальцев и добавочного сухожилия. В связи с этим предлагаемая методика z-образной ахиллотомии основана на пересечении только некоторых пучков сухожилий, входящих в общее пяточное сухожилие [12].

Ахиллотомию осуществляли следующим образом: через прямолинейный разрез кожи и сухожильного влагалища длиной 2 см с задней поверхности ахиллова сухожилия при визуальном контроле выделяли интимно связанные пучки сухожилий икроножной мышцы (*m. gastrocnemius*) и поверхностного сгибателя пальцев (*m. flexordigitalis superficialis*). Сухожилие икроножной мышцы пересекали тенотомом в области мышечно-сухожильного сочленения, а сухожилие поверхностного сгибателя – дистальнее, отступив расстояние, соответствующее величине удлинения. Создавая сгибательные усилия на голеностопный (ска-

кательный) сустав, добивались расхождения концов пересеченных сухожилий до их краевого контакта, контролируя сохранность добавочного сухожилия (*tendoaccessorius*). Сухожильные концы не сшивали, а разгибательная функция голеностопного сустава осуществлялась за счет сохранившегося добавочного сухожилия (*tendoaccessorius*). Послеоперационную рану ушивали послойно.

К началу дистракции (5 дней после операции) у 50 % животных обеих серий отмечалась динамическая функция оперированной конечности в виде перемежающейся хромоты. У некоторых собак независимо от серий к этому сроку на голени сохранялся незначительный послеоперационный отек, в большей степени сосредоточенный на заплюсневом суставе. У животных обеих серий в связи с высоким темпом удлинения отечность тканей голени в той или иной степени сохранялась в течение всего периода удлинения (10 суток). К концу дистракции у собак контрольной серии появлялась напряженность пальцевых сухожилий в сочетании с застойным отеком плюсны и пальцев. Отечность тканей у собак этой серии исчезала на 14 сутки фиксации, и одновременно с этим появлялось уменьшение объема мышц голени в сравнении с контрлатеральной конечностью. У собак опытной серии к концу дистракции выраженных застойных явлений в области плюсны и пальцев не наблюдалось, объем мышц достоверно не изменялся.

К концу дистракции у собак первой серии угол пассивного разгибания в коленном суставе составлял 120-130° (норма 170-180°), сгибание было полным. В заплюсневом суставе наблюдалась смешанная контрактура, амплитуда пассивных движений составляла 10-20°, опорная функция конечности отсутствовала.

У животных второй серии, к концу дистракции угол пассивного разгибания в коленном суставе составлял 140-150°, сгибание было полным. В заплюсневом суставе, так же как и в контроле, наблюдалась смешанная контрактура с амплитудой пассивных движений 40-50° (норма 150°).

Оптимизация репаративных процес-

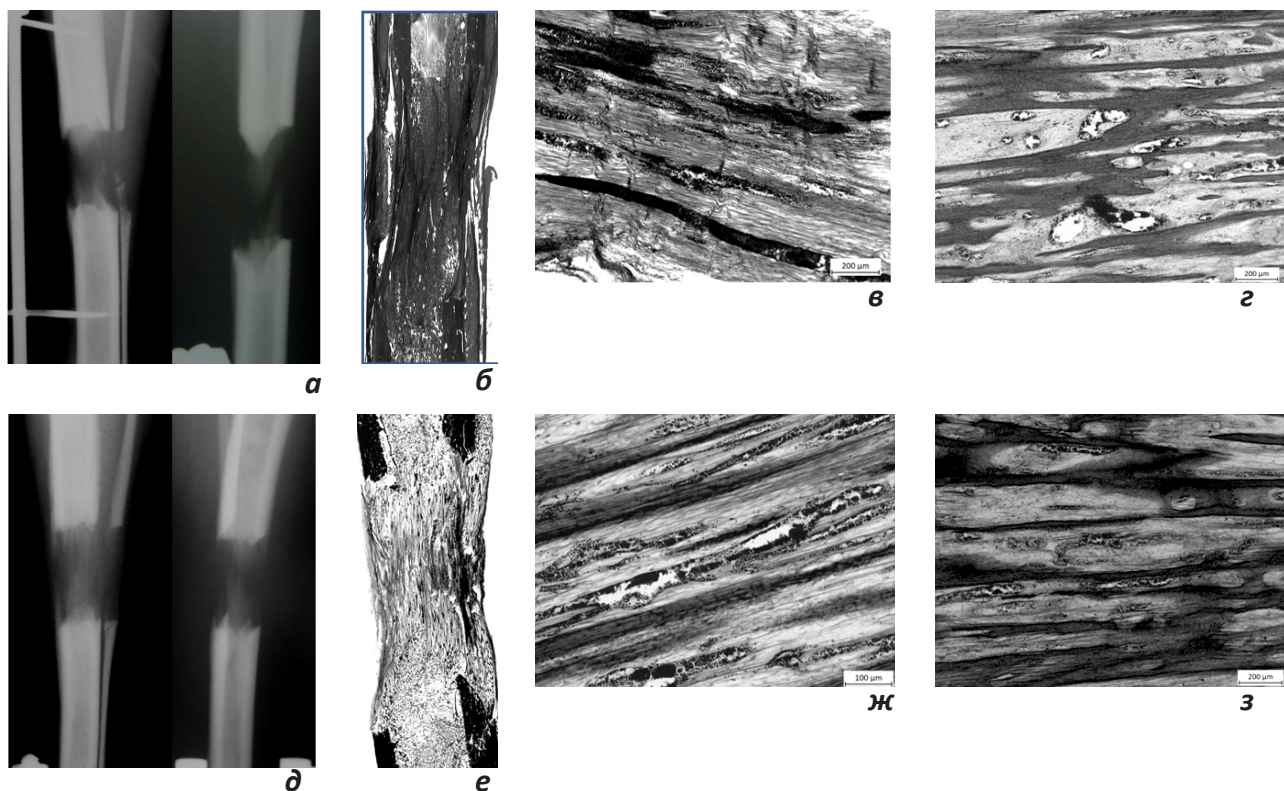


Рис.1 - Особенности строения регенерата по окончании периода distraction. А, д - рентгенограммы регенерата большеберцовой кости. Б, е - гистотопограммы продольного распила диафиза большеберцовой кости. Окраска по Ван-Гизону. Увеличение - 1,5х. В, ж - микрофото зоны соединительнотканной прослойки. Г, з- микрофото проксимального костного отдела регенерата. Увеличение -100х. Окраска по Массону.

сов в опытной серии рентгенологически наблюдалась уже по окончании периода distraction, что выражалось в формировании более объемных, по сравнению с контролем, костных отделов регенерата (рис.1а).

В данный период (10 суток distraction) межотломковый диастаз в первой серии опытов достигал $29,6 \pm 0,37$ мм, во второй $28,4 \pm 0,5$ мм. Величина проксимального костного отдела регенерата в контрольной серии составляла $9,0 \pm 1,0$ мм, дистального $7,5 \pm 0,9$ мм. В опытной серии проксимальный костный регенерат имел величину $10,7 \pm 1,2$ мм, а дистальный $9,1 \pm 1,2$ мм. В обеих сериях для регенератов была характерна форма «язычков» пламени, которые своими концами в срединной части диастаза животных опытной серии и 50% случаев контрольной серии соединялись между собой костными мостиками (рис.1 а, д). Высота срединной зоны просветления в центре регенерата была в среднем 3 мм, а по периферии 12-15 мм.

Гистологически к окончанию периода distraction в межотломковом диастазе со стороны проксимального и дистального костных отломков формировались костные отделы, представленные сетью продольно ориентированных костных трабекул ретикулофиброзного строения (рис.1 г, з), более объемных и зрелых в опыте. В межтрабекулярных промежутках обнаруживался студенистый с очагами кроветворения костный мозг. Костные отделы были разделены зоной хорошо васкуляризованной плотной соединительной тканью (рис.1 б, е в, ж), которая в серии с предварительной ахиллотомией была наиболее плотно исчерчена тяжами костных трабекул.

Через 30 суток фиксации все собаки обеих серий пользовались оперированной конечностью. Угол пассивного разгибания в коленном суставе в первой серии (контроль) увеличивался на $5-10^\circ$ и составлял 135° . В заплюсневом суставе амплитуда пассивных движений составляла $90-100^\circ$ (норма 150°)

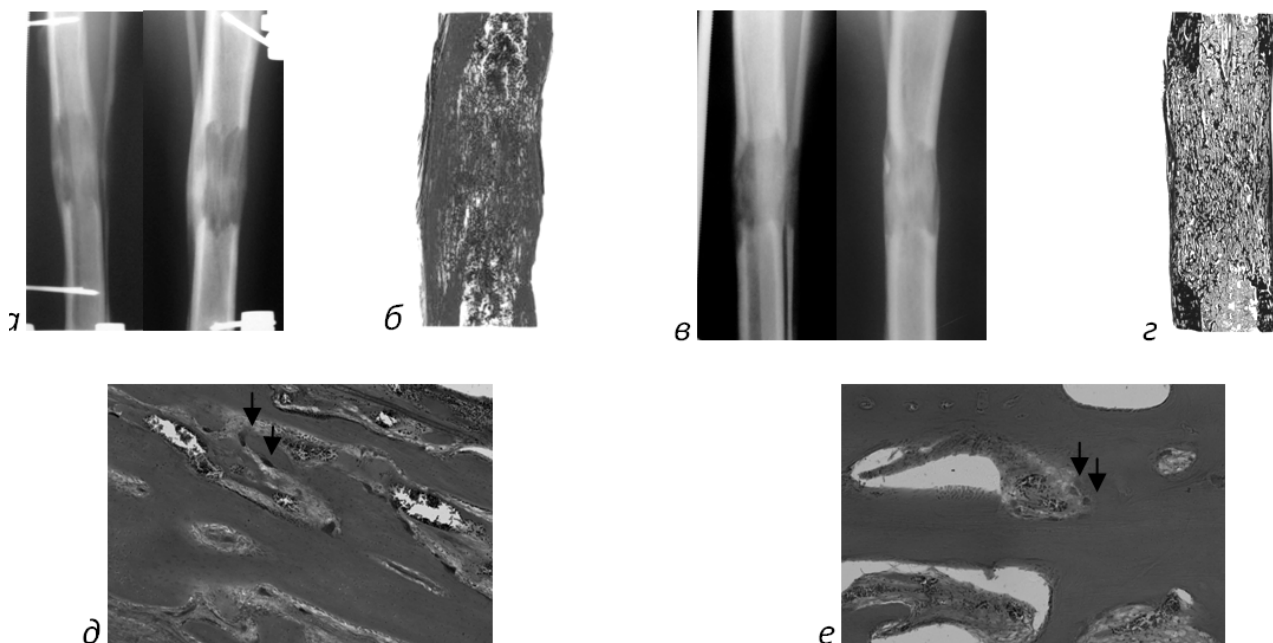


Рис. 2 - Особенности строения регенерата по окончании периода фиксации. А, д - рентгенограммы регенерата большеберцовой кости. Б, е - гистотопогаммы продольного распила диафиза большеберцовой кости. Окраска по Ван-Гизону. Увеличение - 1,5х. В, ж - микрофото зоны соединительнотканной прослойки, замещенной трабекулярной костью. Стрелками обозначены прикрепленные к поверхности трабекул остеокласты. Увеличение -100х. Окраска гематоксилином и эозином.

с наличием эквинусной постановки стопы. Во второй серии пассивное разгибание в коленном суставе составляло 150 - 160°, увеличение на 10-20°, угол пассивных движений заплюсны составлял 120°, разгибание было полным без эквинусной постановки стопы.

В наблюдениях контрольной серии на рентгенограммах конечности в регенерате просматривалась зональность в виде следов сохранившейся соединительно-тканной прослойки величиной 0,5-1 мм (рис. 2а). У животных опытной серии диастаз был полностью замещен регенератом гомогенной структуры (рис. 2в). На месте прослойки отмечали более плотную тень, у концов отломков определяли умеренные явления резорбции. В опытах, в которых регенерат утрачивал зональность, после проведения клинической пробы аппарат был демонтирован.

Гистологические исследования показали, что к окончанию периода фиксации конечности в аппарате соединительнотканная прослойка в опытной серии полностью замещалась среднеячеистой трабекулярной

костью, более компактной со стороны периоста (рис. 2г). В контрольной серии в центральной части регенерата еще наблюдали незамещенные участки волокнистой соединительной ткани. (рис. 2б). На поверхности костных трабекул у животных обеих серий обнаруживали прикрепленные остеокласты, что свидетельствовало об активной органотипической перестройке костной ткани (рис 2 д, е). Костный мозг в межтрабекулярных промежутках проксимального и дистального участков регенерата был преимущественно гемопоэтическим с включением жировых клеток, в срединной части (в области замещенной соединительнотканной прослойки) – студенистым с очагами гемопоэза в опытной серии.

Через месяц после снятия аппарата собаки полностью нагружали конечность, у животных первой серии (контроль) угол пассивного разгибания в коленном суставе составлял 140°, амплитуда пассивных движений в заплюсневом суставе была 110-120° с наличием эквинусной постановки стопы (рис. 3 а).

Во второй серии угол пассивного разги-



а



б

Рис. 3 - Внешний вид животных через 1 месяц после снятия аппарата: а) контрольная серия; б) опытная серия.

бания в коленном суставе составлял 160° (норма $170-180^\circ$), в заплюсневом суставе амплитуда пассивных движений составляла $120-130^\circ$, эквинус отсутствовал, постановка конечности была физиологична (рис. 3б).

В данный период диастаз между рассеченными сухожильными пучками был заполнен плотной оформленной соединительной тканью типического для сухожилия строения.

Через 30 суток после снятия аппарата во всех сериях новообразованный участок диафиза имел строение, приближенное к органотипическому (рис.4 а, в). У всех жи-

вотных наблюдалось формирование непрерывной корковой пластинки, состоящей из компактизирующейся костной ткани пластинчатого типа и костно-мозговой полости (рис. 4 б, г), представленной преимущественно жировым с участками гемопетического костного мозга и единичными костными трабекулами, подвергающимися остеокластической резорбции. Наибольшую органотипичность к данному периоду приобретали костные регенераты серии с предварительной ахиллотомией (рис. 4г).

Количественные исследования тканевого состава distractionного регенерата

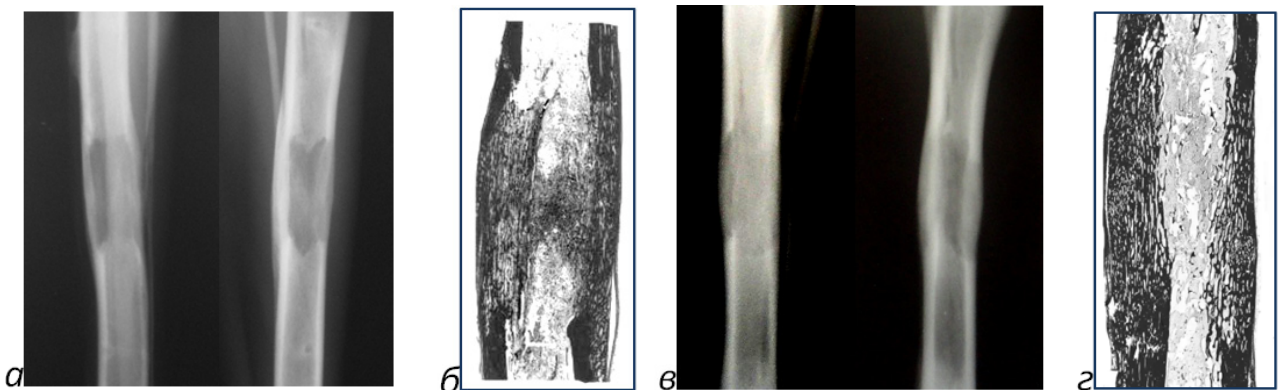


Рис. 4 - Особенности строения регенерата большеберцовой кости через 30 суток после снятия аппарата. А, в - рентгенограммы регенерата большеберцовой кости в контрольной (а) и опытной (в) сериях эксперимента. Б, е – гистотопогаммы продольного распила диафиза большеберцовой кости. Б - контроль, г- опыт. Окраска по Ван-Гизону. Увеличение - 1,5х.

Таблица 1

Содержание различных тканей в составе дистракционного регенерата диафиза большеберцовой кости в различные периоды эксперимента

Период эксперимента	Серия эксперимента	V _{vi} ± m, %		
		Костная ткань	Волокнистая соединительная ткань	Костный мозг
Дистракция 10 суток	Контроль	30,46±1,32*+	28,18±1,25*+	41,7±1,83**+
	Опыт	34,55±1,51*+	15,27±0,62*+	44,18±1,04**+
Фиксация 30 суток	Контроль	45,56±1,49***++	9,67±0,33*+	46,64±1,7**+
	Опыт	47,18±2,01**+	3,8±0,12*+	49,31±2,12***++
Без аппарата 30 суток	Контроль	53,93±1,64*+	0	46,09±1,51*+
	Опыт	46,71±1,82***++	0	52,98±1,71***++
	Интактные животные	40,2±1,42	0	58,9±2,05

* - при $p < 0,01$ по сравнению с другой экспериментальной серией;

** - при $p < 0,01$ по сравнению с другой экспериментальной серией;

+ - при $p < 0,01$ по сравнению с интактными животными;

++ - при $p < 0,05$ по сравнению с интактными животными.

показали, что объемная доля костной ткани по окончании процессов дистракции и фиксации была достоверно больше, а доля соединительной ткани - достоверно меньше в регенератах животных опытной серии.

Через 30 суток безаппаратного периода наиболее высокие показатели содержания костной ткани отмечали в регенератах большеберцовой кости животных контрольной серии по сравнению с таковыми у опытных и интактных животных. Это свидетельствует о меньшей завершенности органотипической перестройки новообразованного участка диафиза большеберцовой кости у собак контрольной серии.

Наиболее приближены к показателям интактных животных по содержанию костной ткани и костного мозга в новообразованном участке кости в данный период были значения опытной серии (табл. 1).

Выводы

Таким образом, применение Z-образной ахиллотомии при удлинении голени с высоким среднесуточным темпом позволило исключить возникновение эквинусной постановки стопы и минимизировать сгибательную контрактуру коленного и плюсневого суставов, оптимизируя условия для репаративного остеогенеза.

Библиографический список

1. Особенности костеобразования при

удлинении голени автоматическими дистракторами при повышенном темпе удлинения голени автоматическими дистракторами с темпом 3 мм за 180 приемов (экспериментальное исследование) / В.И. Шевцов, С.А. Ерофеев, Е.Н. Горбач А.А. Еманов // Генный ортопедии. - 2006. - № 1. - С.10-16.

2. Изучение динамики костеобразования, состояния суставного хряща и большеберцового нерва при повышенном темпе удлинения голени автодистракторами в эксперименте / Е.Н. Горбач, Т.А. Ступина, Т.Н. Варсегова, А.А. Еманов // Успехи современного естествознания. - 2013. - № 7. - С. 42-47.

3. Ошибки и осложнения при удлинении голени у больных ахондроплазией / А.М. Аранович, Е.В. Диндиберя, О.В. Климов, К.И. Новиков // Травматология и ортопедия России. - 2005. - №1 (34). - С. 36-38.

4. Руководство по чрескостному остеосинтезу методом Илизарова / В. Голяховский, В. Френкель; пер. с англ.; под ред. В.М. Лирцмана. - СПб., 1999. - С. 262-267.

5. Moseley C.F., Horn D. // In: Complications in pediatric orthopaedic surgery by Epps C.H. et al. - 1995. - Ch. 31.- P. 737-750.

6. Knee joint reaction force during tibial diaphyseal lengthening: a study on a rabbit model / L. Yang, G. Cai, L. Coulton, M. Saleh // J Biomech. - 2004. - Vol. 37(7). - P. 1053-9.

7. Lower limb lengthening in turner dwarfism / Hahn S.B., Park H.W., Park H.J. et al.

// Yonsei Med J. - 2003. - Vol. 44 (3). - P. 502-7.

8. Knee joint reaction force during tibial diaphyseal lengthening: a study on a rabbit model. J Biomech / L. Yang, G. Cai, L. Coulton, M. Saleh. – 2004. - N7. - Vol.37. – P. 1053-9.

9. Ерофеев, С.А. Реакция мышц голени на ее удлинение с высоким темпом в условиях автоматической дистракции в эксперименте / С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина, М.С. Сайфутдинов // Гений Ортопедии.- 2004.- № 4. - С. 18-22.

10. Zak, L. Impaired joint motion and contractures in callus distraction and segment transport: a retrospective data analysis / L.

Zak , G.E. Wozasek // Wien Klin Wochenschr. – 2013. - N21-22. - Vol.125. -P.709-13.

11. Treatment of posttraumatic equinus deformity and concomitant soft tissue defects of the heel / H. Shu, B. Ma, S. Kan [et al.] // J. Trauma. - 2011. – Vol. 71.- P. 1699-704.

12. Патент RUS 2504338. 10.12.12. Способ тенотомии для устранения эквинусной постановки стопы у собак / Е.Н. Горбач, Степанов М.А. ; заявитель и патентообладатель ФГБ У «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) .