

© Группа авторов, 2001

**Анализ механизмов возникновения невропатий
в условиях билокального дистракционного остеосинтеза
на модели удлинения бедра у больных
с врожденной асимметрией в длине нижних конечностей**

А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, С.А. Аборин

***The analysis of the mechanisms of neuropathy development
under bifocal distraction osteosynthesis using a model
of femoral lengthening in patients with congenital asymmetry
of lower limb length***

A.P. Shein, G.A. Krivoroochko, S.A. Aborin

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Рассмотрены причины возникновения невропатии седалищного нерва и его основных ветвей (большеберцового и малоберцового нервов), возникшие у 15 больных с врожденным укорочением одной из нижних конечностей в процессе удлинения бедра при использовании методики билокального дистракционного остеосинтеза. На основании проведенного анализа и обобщения материалов предшествующих исследований сформулированы рекомендации, касающиеся вопросов профилактики и лечения иннервационных расстройств, связанных с удлинением конечностей по Илизарову.

Ключевые слова: нижняя конечность, врожденное укорочение, удлинение, чрескостный остеосинтез, невропатия, ЭМГ.

Causes of the development of neuropathy of the sciatic nerve and its main branches (the tibial and peroneal nerves) were considered, which had taken place in 15 patients with congenital shortening of one of their lower limbs during femoral lengthening by the technique of bifocal distraction osteosynthesis. The recommendations were made concerning the problems of prevention and treatment of the innervation disorders, associated with the limb lengthening according to Ilizarov, on the basis of the analysis and generalization of the materials of the previous studies.

Keywords: lower limb, congenital shortening, lengthening, transosseous osteosynthesis, neuropathy, EMG.

Проблемы диагностики, профилактики и лечения моно- и полиневропатий, непосредственно связанных с механическими воздействиями аппарата Илизарова на ткани удлиняемой конечности, остаются актуальными, несмотря на более чем 30-летний обширный отечественный и зарубежный опыт применения дистракционного остеосинтеза в ортопедической клинике. Это связано с постоянной модификацией технологий оперативного удлинения конечностей, ориентированной, в частности, на сокращение сроков пребывания больных в стационаре. В особо пристальном внимании специалистов нуждаются случаи возникновения иннервационных расстройств в процессе удлинения проксимальных сегментов конечностей [1], особенно бедра [2,3], поскольку развитие денервационных синдромов, связанных с поражением бедренного и седалищного нервов, способно повлечь за собой развитие

грубого моторного дефекта с вовлечением в патологический процесс (денервационную атрофию мышечной ткани) ключевых мышечных групп, обеспечивающих способность пациента к самостоятельному перемещению без дополнительных средств опоры. Вероятный исход такого рода осложнений состоит также в развитии (или появлении) предрасположенности к их развитию) нейродистрофических процессов в дистальных отделах конечности, к примеру, трофических язв в области нижней трети голени и на подошвенной поверхности стопы.

Цель настоящего исследования состояла в анализе причин и разработке мер профилактики возникновения невропатий седалищного нерва и его основных ветвей (большеберцового и малоберцового нервов), возникающих у части больных с врожденным укорочением одной из нижних конечностей в процессе удлинения бедра

при использовании методики билокального ди- | стракционного остеосинтеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты лечения 63 больных, поступивших в клинику РНЦ "ВТО" по поводу врожденного одностороннего укорочения одной из нижних конечностей, которым производился билокальный дистракционный остеосинтез бедра. У 15 больных (8 мужского и 7 женского пола) в возрасте от 8 до 18 ($13,3 \pm 0,8$) лет с укорочением конечности на 8-20 ($13,3 \pm 1,0$) см в процессе удлинения диагностированы неврологические расстройства оперированной конечности. Семь больных этой группы характеризовались наличием выраженных рубцовых изменений в мягких тканях бедра, связанных с проведенными ранее одно- и многократными реконструктивными оперативными вмешательствами. Методом билокального дистракционного остеосинтеза больным произведено удлинение бедра на 4-12 ($7,4 \pm 0,7$) см. Период дистракции составил 32-113 (67 ± 8) дней, фиксации – 27-200 (100 ± 11) дней, среднесуточный темп дистракции – 0,7-2,1 ($1,2 \pm 0,1$) мм. У всех пациентов, включенных в данную выборку, в процессе удлинения бедра возникли признаки невропатии седалищного нерва, различающиеся по механизму травмы, локализации и степени тяжести и верифицированные с помощью данных одного-трех ЭМГ-обследований с использованием глобальной, локальной (концентрические или биполярные игольчатые электроды) и стимуляционной электромиографии [4,5]; приборное обеспечение - цифровые системы ЭМГ и ВП 1500 ("Dantec", Дания) и Viking-2e ("Nicolet", США). В качестве основных объектов исследования использовались *m. tibialis ant.*, *m. gastrocnemius* (с. lat.), дополнительных - *m. biceps fem.*, *m. gastrocnemius* (с. med.), *m. extensor*

dig. br. и *m. flexor dig. br.* Анализируемые показатели: средняя амплитуда и тип (по степени насыщенности колебаниями - «насыщенная», «уреженная», «редуцированная», «биоэлектрическое молчание») суммарной ЭМГ (тест – «максимальное произвольное напряжение»), амплитуда ("от пика до пика") М-ответа, наличие или отсутствие произвольной (потенциалов действия двигательных единиц - ПД ДЕ) и денервационной активности (потенциалов фибрилляций - ПФ и положительных острых волн - ПОВ) при использовании локального типа отведения биоэлектрической активности от паретичных мышц. Степень нарушения проводимости по большеберцовой (б/б) и малоберцовой (м/б) фракциям седалищного нерва оценивалась по трехбалльной шкале: 1 (легкая) – снижение амплитуды М-ответов и суммарной ЭМГ до 50% от интактной конечности (или среднестатистической нормы), тип суммарной ЭМГ – «насыщенная» или «уреженная», отсутствие денервационной активности; 2 (средней тяжести) – амплитуда М-ответов и суммарной ЭМГ в пределах 5-50% от одноименной мышцы интактной конечности, тип суммарной ЭМГ – «уреженная» или «редуцированная», наличие ПФ и ПОВ; 3 (тяжелая) – амплитуда М-ответов и суммарной ЭМГ ниже 5% от интактной, тип суммарной ЭМГ – «редуцированная» или «биоэлектрическое молчание», множественные ПФ и ПОВ. По данным тестирования мышц, иннервируемых большеберцовым и малоберцовым нервами, рассчитывался средний балл (сб), использованный в качестве интегрального критерия состояния моторной иннервации мышц голени.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что лишь у двух больных признаки невропатии седалищного нерва возникли вне прямой связи с растяжением тканей в ходе дистракционного остеосинтеза. В одном случае они появились в виде нижнего парапареза на 45 день дистракции вследствие развития спинального арахноидита, возникшего как осложнение эпидуральной анестезии (б-я П., 14 л., и/б 17610; тяжесть поражения слева и справа: б/б – 3 б., м/б – 2 б., сб – 2,5 б.; сроки практически полного регресса неврологической симптоматики - к моменту завершения фиксации), в другом – с одномоментной деротацией голени на уровне проксимальной остеотомии в ходе оперативного вмешательства (б-й Ф., 14 лет, и/б 7958; м/б – 3 б., б/б – 2 б., сб – 2,5 б.; сроки купирования – к концу первого года после снятия аппарата Илизарова). Во втором случае одномоментная гипертракция *p. peroneus* возникла предположительно в результате нарушения его

"слайдинг-функции" в области рубцово-спаечных изменений, образовавшихся в результате перенесенного в пятилетнем возрасте оперативного вмешательства по поводу перелома бедренной кости (osteosинтез пластиной с шурупами).

У остальных больных нарушение проводимости по волокнам седалищного нерва и его ветвей возникло на фоне дистракционного остеосинтеза и непосредственно после его завершения. В частности, в процессе дистракции клинко-нейрофизиологические признаки пареза большеберцового и малоберцового нервов появились у 10-ти пациентов (в ее первой четверти - у 1-го, во второй - у 2-х, в третьей - у 4-х, в четвертой - у 3-х); в процессе фиксации - у 2-х и в течение 1 месяца после снятия аппарата Илизарова – у 1-го.

В качестве основных причин, лежащих в основе патогенеза отмеченных иннервационных расстройств, мы сочли целесообразным выде-

лить следующие компримирующие факторы и их сочетания (см. табл. 1):

- влияние одномоментных (или краткосрочных) манипуляций с фрагментами бедренной кости в период distraction, фиксации и непосредственно после снятия аппарата Илизарова, следствием которых является возникновение острой гипертракционной невропатии (**ОГН**) седалищного нерва и его ветвей - 7 случаев;

- эффекты экстремального натяжения и сдавления нервных стволов в зонах их вероятной фиксации фиброзно-спаечными структурами у больных, ранее перенесших реконструктивные (в том числе - удлинение бедра) оперативные вмешательства (**РОВ**) - 5 случаев;

- превышение пределов эластичности нервных стволов (**ППЭ**) в ходе одноэтапного удлинения конечности - 5 случаев;

- возникновение клинически и нейрофизиологически идентифицированного компрессионно-ирритационного (сопровожаемого острыми болями) и компрессионно-ишемического синдромов (**КИС**), связанных с контактами нервных стволов со спицами - 2 случая.

К кондиционирующим факторам, модулирующим реактивность нервных структур, по-видимому, следует отнести некоторый критический уровень натяжения нервных стволов, который косвенно выражается в относительной величине удлинения сегмента конечности, в данном случае - бедра, выраженной в процентах от его исходной длины (**ОВУ**), а также предшествующие реконструктивные оперативные вмешательства (прежде всего - удлинение), возраст и пол пациентов, в определенной степени лимитирующих запас эластичности заинтересованных мягкотканых структур и их репаративную активность.

Развитие острой гипертракционной невропатии (**ОГН**) имело место в следующих ситуациях:

- в результате неравномерной distraction по стержням в верхней системе аппарата для исправления угловой деформации (антекурвационной), сдвига промежуточного фрагмента кна-

ружи на 2,5 см путем перемонтажа аппарата;

- в результате пассивного разгибания коленного сустава distraction 3 мм/сут по стержню - "толкачу" (2 случая);

- при одномоментной коррекции наружной торсии бедра на операционном столе после выполнения кортикотомии;

- во время вправления вывиха бедра, возникшего в результате удлинения (1 случай - низведение и закрытое вправление бедра аппаратом; 1 случай - скелетное вытяжение);

- в результате коррекции деформаций ручную (кокситная гипсовая повязка) и аппаратом (ЗЧКО бедра) с целью исправления деформаций, которые возникли после снятия аппарата.

Относительная величина удлинения (**ОВУ**), на фоне которой возникали манифестирующие признаки невропатии седалищного нерва, варьировала в пределах 9,4-35,7 (18,5±2,3) %.

Использованы следующие способы купирования развившихся иннервационных расстройств: остановка distraction на 3-5 дней на одном или двух уровнях, снижение темпов distraction по уровню, соответствующему области травматизации нервного ствола, удаление спиц, контактирующих с нервным стволом, медикаментозная терапия с учетом индивидуальной переносимости препарата (трентал, прозерин, дибазол, витамины группы В, глютаминовая кислота, микстура Кватера), физиолечение (электростимуляция паретичных мышц, электрофорез с прозерином). Отчетливый регресс неврологической симптоматики отмечен у 10 больных к моменту снятия аппарата, у трех - через 10-12 месяцев после снятия аппарата. У двух больных обнаружено сохранение клинико-нейрофизиологических признаков пареза мышц голени и стопы средней тяжести в сроки 8-12 месяцев после снятия аппарата Илизарова. С учетом выраженности регресса неврологической симптоматики результат удлинения конечности у шести больных анализируемой выборки определен как "отличный", у пяти - как "хороший", у четырех - как "удовлетворительный".

Таблица 1.

Факторы-индукторы в патогенезе развития невропатии седалищного нерва и его ветвей в процессе удлинения бедра методом биллокального distractionного остеосинтеза у больных с врожденным укорочением одной из нижних конечностей

Арх. № И/Б	Больной	Возраст (лет)	Пол	ОВУ (%)	ППЭ	ОГН	КИС	РОВ	ТН (баллы)
12240	Н-ов	8	М	9,4		+			Б/б-2, м/б-2, (2,0)
24894	Р-ко	16	Ж	18,6		+			Б/б-2, м/б-2, (2,0)
25344	Х-ва	11	Ж	10,3		+	+		Б/б-3, м/б-3, (3,0)
13961	Ш-ко	11	М	16,7	+			+	Б/б-3, м/б-3, (3,0)
13598	Л-на	12	Ж	22,4		+			Б/б-2, м/б-3, (2,5)
21046	Г-на	10	Ж	35,7		+			Б/б-3, м/б-3, (3,0)
21794	В-ин	10	М	31,0		+			Б/б-2, м/б-2, (2,0)
16508	Б-юк	14	М	29,7	+				Б/б-3, м/б-3, (3,0)
10824	Б-елл	13	Ж	14,3		+			Б/б-2, м/б-3, (2,5)
29631	Т-ов	18	М	10,26	+			+	Б/б-2, м/б-3, (2,5)
19882	Б-ва	18	Ж	25,0	+			+	Б/б-1, м/б-2, (1,5)
25602	Б-ва	14	Ж	10,3	+			+	Б/б-2, м/б-2, (2,0)
28653	В-ин	16	М	19,4			+	+	Б/б-3, м/б-2, (2,5)

Примечание: обозначения в тексте; значения средних баллов указаны в скобках.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В соответствии с механизмом повреждения нервных стволов и их ветвей в условиях дистракционного остеосинтеза периферические невропатии классифицируются нами на два типа: тракционно-ишемические и компрессионно-ишемические.

Тракционно-ишемические невропатии возникают на фоне остеосинтеза по Илизарову как при одномоментном, так и пролонгированном дозированном растяжении нервных стволов. В частности, высокая чувствительность к одномоментной гипертракции периферических нервов при выполнении дистракционного эпифизиолиза [6] явилась основной причиной для отказа от подобной технологии удлинения нижних конечностей. Одномоментная гипертракция нервных стволов возможна также при разработке формирующихся на фоне удлинения конечностей контрактур крупных суставов, в частности коленного в процессе удлинения бедра.

Пролонгированное дозированное растяжение нервов при удлинении конечностей со скоростью 1-2 мм/сутки (частота «квантования» - от 4 до 60 в сутки) является фактором, индуцирующим развитие сенсомоторной полиневропатии аксонально-демиелинизирующего типа [7-9], признаки которой исчезают в течение 1,5-2 лет после снятия аппарата Илизарова. Данные клинико-нейрофизиологических исследований свидетельствуют о существовании пороговой величины одноэтапного удлинения, превышение которой приводит к развитию лавинообразного денервационного процесса, особенно при наличии провоцирующих факторов – динамических тракционных нагрузок различного генеза. Есть основания полагать, что предшествующие удлинения конечности снижают этот порог как за счет уменьшения запаса длины и эластичности нервных волокон (кумулятивный эффект предшествующих удлинений), так и фиксации нервных стволов фиброзно-спаечными структурами. Эти обстоятельства рассматриваются в качестве основания для назначения больным контрольных ЭМГ- и ССВП-тестов или введения ЭМГ/ССВП-мониторинга при достижении величин удлинения сегмента конечности, превышающих 20-30 % его исходной длины [5,8,9]. Обычной мерой профилактики дальнейшего прогрессирования денервационных изменений в тканях удлиняемой конечности и оптимизации условий регенерации нервных волокон является временный сброс дистракционных усилий, а в отдельных случаях - переход к фиксации, т.е. отказ от дальнейшего удлинения. При проектировании величин одноэтапного удлинения следует также учитывать тот факт, что запас длины и эластичности нервных стволов у больных с врожденными формами ортопедической патоло-

гии обратно пропорционален величине укорочения конечности.

Компрессионно-ишемические невропатии развиваются, как правило, в связи с проведением спиц Киршнера в непосредственной близости к нервным стволам и их ответвлениям [4, 5, 10]. Манифестирующие клинические признаки раздражения или сдавления периферического нерва спицей обнаруживаются либо на следующие сутки после оперативного вмешательства, либо по прошествии определенного времени после операции. Наиболее вероятны сенсорные мононевропатии, связанные с компрессией или раздражением спицами крупных кожных ветвей или небольших ответвлений от кожных нервов, в состав которых входят также и вегетативные нервные волокна. В зависимости от уровня раздражения или травматизации в перцептивно-вегетативную реакцию на подобного рода механические воздействия вовлекаются различные по размерам дистальные участки кожных покровов, в области которых больной испытывает парестезии и характерные болевые ощущения, нередко достигающие уровня гиперпатий. Отмечаются также гипостезии или полное выпадение тактильной и температурно-болевой чувствительности. Идентификация точек соприкосновения спиц с ветвями кожных нервов при появлении первых признаков развития невропатии осуществляется перкуторно, поколачиванием по спице в непосредственной близости от ее выхода из кожных покровов с помощью т.н. "медиатора" [3] или при использовании специально разработанной электростимуляционной технологии [1, 3]. Спицы, вызывающие интенсивное раздражение крупных кожных нервов, подлежат удалению, что, как правило, устраняет болевые ощущения и снижает уровень невротизации пациентов.

К группе наиболее стойких компрессионно-ишемических ("спицевых") невропатий относятся последствия повреждений нервных стволов на уровне верхней и средней трети проксимальных сегментов конечностей (к примеру, седалищного и бедренного нервов при выполнении оперативных вмешательств на проксимальном отделе бедренной кости), влекущие за собой достаточно серьезные последствия в виде обширного комплекса двигательных и чувствительных расстройств. Возникновение подобных ситуаций возможно не только при нарушении технологии проведения спиц, ориентированной на использование т.н. «безопасных сечений», не затрагивающих сосудисто-нервные пучки [11]. В частности, у больных с грубыми врожденными дисплазиями мягких тканей верхних и нижних конечностей таких «безопасных сечений» практически не существует, что делает весьма

актуальной проблеме разработки технологии дооперационной ЯМР-ТМ-индикации сосудисто-нервных пучков, а также интра- и послеоперационного нейрофизиологического мониторинга проводниковой функции нервов в областях вероятных нейроспицевых контактов [12]. Следует особо подчеркнуть то обстоятельство, что остеосинтез по Илизарову во всем многообразии вариантов его применения и используемых модификаций при удлинении конечностей, исправлении их деформаций, замещении дефектов длинных трубчатых костей и т.п. носит статодинамический характер. Иными словами, формирование различных пространственных конфигураций из фрагментов кости и костного регенерата приводит к смещению мягких тканей относительно спиц аппарата Илизарова и т.н. «прорезыванию спиц», что рассматривается в качестве основной причины возникновения и развития отсроченных (по отношению к моменту наложения аппарата Илизарова на конечность) компрессионных невропатий.

Развитие компрессионно-ишемических невропатий (сдавление нерва спицей или фиброзными тканями) на фоне удлинения конечности возможно на любом этапе distraction, и его

вероятность возрастает с увеличением длины сегмента (т.е. степени натяжения нервных стволов). В подобной ситуации также производится приостановка удлинения со сбросом distractionных усилий до выяснения истинных причин развития полного или частичного блока проведения возбуждения по тому или иному нерву и оценки тяжести пареза. После устранения компримирующего фактора (удаления или изменения ориентации заинтересованной спицы) distraction (под ЭМГ-контролем и на фоне адекватной терапии) может быть продолжена с положительным прогнозом в отношении последующего восстановления функций паретичной группы мышц [1].

В качестве компенсации денервационных эффектов (частичной деафферентации и дезафферентации) и невралгий, развивающихся на фоне удлинения конечности, рекомендовано введение электростимуляционной терапии [13,14] и функционального биоуправления [15] на всех этапах distraction и фиксации, а также в течение первого года после снятия аппарата Илизарова с ориентацией пациентов на применение соответствующего оборудования индивидуального пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков А.В., Шеин А.П., Климов О.В. Иннервационные расстройства при удлинении плеча у больных ахондроплазией // Гений ортопедии. - 1997. - № 1. - С. 33-36.
2. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Чипизубов А.А. Влияние удлинения бедра по Илизарову на функциональные характеристики большеберцового и малоберцового нервов у детей // Чрескостный компрессионно-distractionный остеосинтез в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. Вып. 11. - Курган, 1986. - С. 84-91.
3. Нейрофизиологические корреляты реактивности проксимальных и дистальных нервно-мышечных структур при использовании различных режимов удлинения бедра и голени: Тез. докл. международн. юбилейн. научно-практ. конф. / В.И. Шевцов, А.П. Шеин, Г.А. Криворучко и др. // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С. 73-74.
4. Герасимов П.И., Шеин А.П. Метод электростимуляционной индикации контактов спиц Киршнера с нервами // Ортопед., травматол. - 1979. - № 6. - С. 43-44.
5. Электромиографический контроль функционального состояния нервов и мышц при удлинении конечностей по Илизарову: Метод. рекомендации / ВКНЦ "ВТО"; Сост.: А.П. Шеин, В.И. Калякина, Г.А. Криворучко, А.Н. Ерохин. - Курган, 1991. - 24 с.
6. Илизаров Г.А., Грачева В.И., Васильев В.Н. Удлинение и устранение деформаций нижних конечностей методом distractionного эпифизиолиза // Теоретические и практические аспекты чрескостного компрессионного и distractionного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюзн. научн.-практ. конф. - Курган. - 1976. - С. 100-101.
7. Шеин А.П., Криворучко Г.А. Влияние дозированного растяжения на аксональные, синаптические и мышечные элементы двигательных единиц при удлинении конечностей по Илизарову // Метод Илизарова - достижения и перспективы: Тез. докл. междунар. конф., посвящ. памяти акад. Г.А. Илизарова. - Курган, 1993. - С. 176-177.
8. Средства и способы контроля и прогнозирования функционального состояния центральных и периферических структур двигательного аппарата в условиях чрескостного distractionного остеосинтеза по Илизарову / А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, А.Н. Ерохин и др. // Травматол. ортопед. России. - 1994. - № 2. - С. 100-106.
9. Шеин А.П. Механизмы дезинтеграции в системе «сенсомоторный аппарат - схема тела» периферического генеза на модели удлинения конечностей // Гений ортопедии. - 1998. - № 4. - С. 65-71.
10. Ерохин А.Н., Макарова М.Р. Диагностика и лечение неврологических осложнений в условиях чрескостного остеосинтеза по Илизарову. Часть 1: Анализ соотношения исходных и послеоперационных невритов // Значение открытых Г.А. Илизаровым общепатологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. тр. Вып. 13. - Курган, 1988. - С. 194-201.
11. Faure C., Merloz Ph. Transfixation: Atlas of anatomy for the external fixation of limbs. - Berlin: Springer Verlag, 1987. - 129 p.
12. Ilizarov apparatus implication under control of neural function by SSEP / M. Makarov, M. Delgado, J. Birch, M. Samchukov // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С. 77-78.
13. Шеин А.П., Ерохин А.Н., Новиков К.И. Влияние электростимуляции на произвольную и вызванную биоэлектрическую активность мышц при удлинении нижних конечностей у больных с ахондроплазией // Гений ортопедии. - 1995. - № 2. - С. 23-26.
14. Электростимуляция мышц при удлинении конечностей по Илизарову: Метод. рекомендации / ВКНЦ "ВТО"; Сост.: А.Н. Ерохин, А.П. Шеин, В.И. Калякина. - Курган, 1991. - 16 с.
15. Приборы и методы функционального биоуправления в реабилитации двигательных функций верхней конечности при ее удлинении по Илизарову: Пособие для врачей / РНЦ "ВТО"; Сост.: А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов. - Курган, 1997. - 24 с.

Рукопись поступила 21.09.01.