

**Акустические корреляты дозированного растяжения кожного покрова при билокальном удлинении бедра у больных с врожденно-укороченной нижней конечностью**

**А.В. Попков, Л.А. Гребенюк, С.А. Аборин, С.А. Мурадисинов**

**Acoustic correlation indices of skin integument graduated tension in the process of bifocal femoral lengthening in patients with congenitally shortened lower limb**

**A.V. Popkov, L.A. Grebeniuck, S.A. Aborin, S.A. Muradisinov**

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)

На основе качественной и количественной оценки биомеханического состояния кожного покрова билокально удлиняемого бедра установлено, что происходит повышение акустической анизотропии в направлении, совпадающем с вектором растяжения. По характеру изменения формы специально маркированных фигур (изначально квадратов) – вытягивания параллельно растягивающим усилиям (близкой к форме прямоугольников), возможна качественная оценка перераспределения напряжений в кожном покрове сегмента. В условиях билокального удлинения бедра происходит растяжение кожного покрова в областях, прилежащих к обеим зонам остеотомии. Степень происходящего растяжения кожи в определенной степени коррелирует с величиной прироста длины сегмента в верхней и нижней подсистемах «аппарат-конечность».

**Ключевые слова:** кожа, растяжение, акустическая анизотропия, бедро, удлинение, аппарат Илизарова.

On the basis of qualitative and quantitative evaluation of biomechanical condition of skin integument of the femur bifocally lengthened it was established that increase of acoustic anisotropy took place in the direction, which coincided with vector of tension. Qualitative evaluation of tension redistribution in segmental skin integument is possible by the character of shape changing of specially marked figures (squares initially) – elongation in parallel with tensile forces (close to rectangle shape). Skin integument tensioning occurs in the areas, adjacent to both zones of osteotomy, under bifocal lengthening of femur. The degree of the skin tensioning occurred is somewhat connected with the gain amount of segmental length in the upper and lower subsystems "fixator – limb".

**Keywords:** skin, tension, acoustic anisotropy, femur, lengthening, Ilizarov fixator.

Врожденное укорочение нижних конечностей у пациентов любого возраста, особенно не компенсированное ортопедической обувью или другими средствами, приводит к снижению или полной потере опороспособности укороченной конечности, является причиной искривления позвоночника, наклона таза, атрофии мышц и др. По данным различных авторов, среди причин первичной инвалидности детей до 16 лет 22% составляют именно врожденные anomalies опорно-двигательного аппарата [6]. Отмечено, что при врожденном укорочении нижних конечностей, в частности бедра, укорочены не только кость, но и мышцы, сухожилия, фасции, сосудисто-нервные образования [2-4, 10]. Они оказывают значительное сопротивление при удлинении укороченного сегмента. Именно по этой причине на протяжении всего периода distraction важно проводить текущий мониторинг биомеханического состояния мягких тканей,

чтобы оценить и вклад каждого из мягкотканых компонентов в развиваемое сопротивление в процессе растяжения удлиняемого сегмента, и осуществить контроль динамики биомеханических показателей с целью своевременного выявления развиваемых близких к перерастяжению состояний.

Известно, что более высокие темпы distraction при удлинении конечностей достигаются в условиях билокального distractionного остеосинтеза. Реакция различных структур удлиняемого сегмента при билокальном остеосинтезе изучена недостаточно, несмотря на достаточно широкое использование его с целью уравнивания длины конечностей [7, 8] и увеличения роста у больных ахондроплазией [5]. Ранее нами было показано, что реакция кожного покрова голени при билокальном и монолокальном удлинении в основном имеет однонаправленный характер, однако скорость изменения сдвиговой

жесткости (нарастание при дистракции и снижение после прекращения растяжения) выше при двухполюсном [1]. Была обнаружена определенная динамика акустической анизотропии, что косвенно связано, по-видимому, с перераспределением напряжений в коже удлиняемой голени и отражает в первую очередь деспирализацию коллагеновых пучков и изменение их

пространственной ориентации в дерме [9]. Тем не менее биомеханические свойства кожи бедра до сих пор остаются малоизученными, поэтому целью данной работы явилось изучение динамики скорости звука в коже бедра и качественная оценка изменения растяжимости кожи с помощью специальной ее маркировки при билокальном удлинении бедра.

#### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 19 больных с врожденным укорочением бедра в возрасте от 6 до 17 лет, величина удлинения у которых достигала 6-12 см. Для визуального анализа изменения биомеханического состояния кожного покрова врожденно-укороченного бедра была проведена специальная маркировка кожи в виде сетки, состоящей из квадратов  $10 \times 10$  мм, по передней и передне-латеральной поверхностям. Изучение акустических свойств покровных тканей удлиняемого

бедра, позволяющих косвенно судить о степени растяжения кожного покрова, осуществляли используя прибор ASA-акустический анализатор кожи (производства Югославии и России) с миниатюрным датчиком, обеспечивающим проведение замеров на участках площадью не менее  $1-1,2 \text{ см}^2$ . Получаемые результаты сравнивали с предоперационными показателями и с параметрами контралатерального сегмента. Проведено более 350 замеров.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование динамики скорости звука в коже удлиняемого бедра в областях, прилежащих к зоне остеотомии, показало, что в процессе дистракции возрастает акустическая анизотропия. Для верхней трети сегмента коэффициент анизотропии (соотношение скорости звука в продольном направлении к скорости звука в поперечном –  $A_V$ ) составил 1,5; для нижней ( $A_H$ ) - 1,4. До наложения аппарата  $A_V$  был равен 1,1,  $A_H$  - 1,0. Это связано с возрастанием скорости звука как в верхней, так и нижней трети удлиняемого бедра. Причем в течение 1 мес. дистракции данный показатель возрастал при продольной ориентации датчика (рис. 1). Дальнейшее удлинение сопровождалось возрастанием скорости звука уже в поперечном направлении - в коже верхней трети бедра и сохраняющимся превышением скорости звука продольно, т.е. параллельно силам дистракции - в коже нижней трети сегмента (рис. 2). Обнаружено более выраженное повышение коэффициента анизотропии у одного из пациентов, возраст которого составил 6 лет (б-ной С.). Величина достигнутого удлинения у него составила 7 см, коэффициенты  $A_V$  и  $A_H$  достигали 1,7, хотя повышенная в продольном направлении скорость звука у данного пациента была сопоставима с

показателем скорости в целом по группе и равнялась  $118,5 \pm 4,0$  м/с в верхней трети бедра и  $127,8 \pm 3,2$  м/с – в нижней.

К 1 мес. фиксации коэффициенты  $A_V$  и  $A_H$  составили 1,4 и 1,3 соответственно, к 2,5-3 месяцам – 1,1 и 1,0. По мере снятия дистракционных усилий в системе аппарат-конечность к концу фиксации наблюдался постепенный возврат характера анизотропии к исходной. Это свидетельствует о быстром восстановлении акустических свойств в коже врожденно-укороченного бедра при билокальном удлинении. Нами также было выявлено изменение коэффициентов акустической анизотропии в коже интактного бедра. Так, по завершении дистракции  $A_V$  и  $A_H$  (в течение первого месяца фиксации) повышались до 1,4 и 1,6 соответственно. Обнаруженный нами феномен, связанный с нарастанием акустической анизотропии в коже контралатерального сегмента, требует дальнейшего тщательного изучения, так как, по-видимому, отражает также какие-либо метаболические сдвиги в кожном покрове (например, синтез ряда биологически активных веществ, в частности фактора роста эпидермиса и др.).

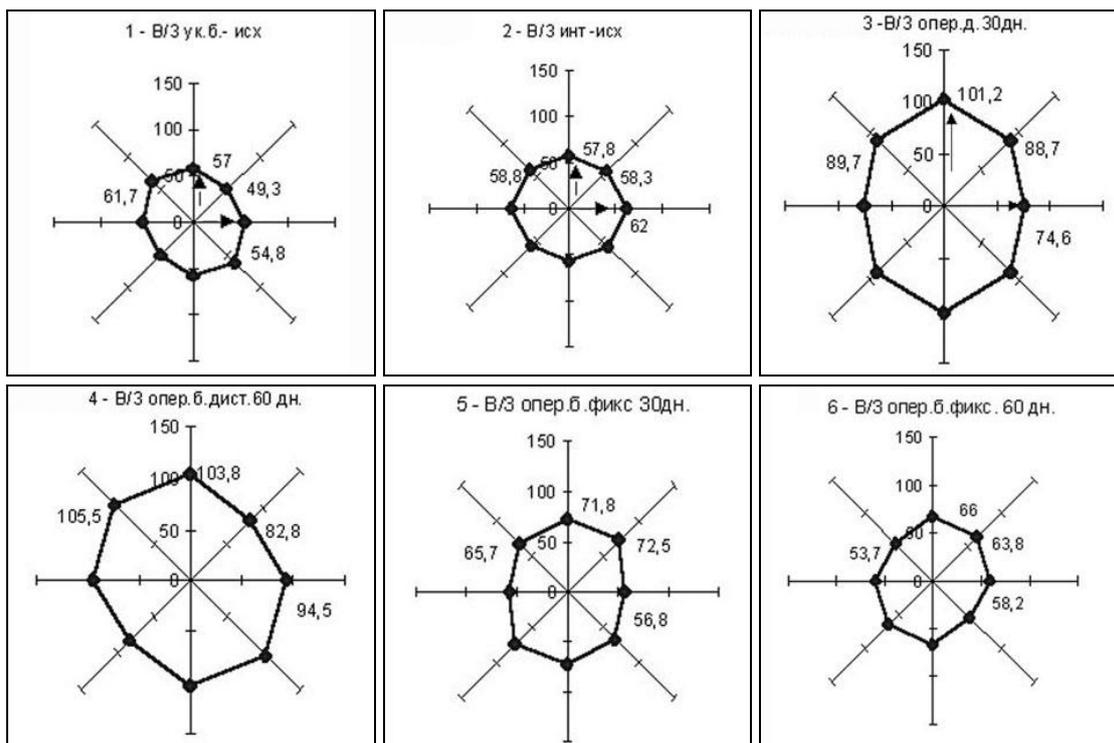


Рис. 1. На рисунке изображены огибающие кривые векторов скоростей звука в коже латеральной поверхности укороченного и контралатерального бедер. Для всех представленных графиков исследуемой поверхностью была *верхняя треть*. Исследования проведены в следующие периоды: 1 - до наложения аппарата Илизарова; 2 – те же характеристики интактного бедра в предоперационном периоде; 3, 4 – конфигурация «акустического поля» к концу первого и второго месяцев дистракции; 4 – снижение скорости звука в коже удлиняемого бедра во всех исследуемых направлениях - при ориентации датчика продольно, поперечно к анатомической оси конечности и косо - диагонально под углом 45 и 135° декартовой системы координат. 5 и 6 – акустическая анизотропия в коже оперированного бедра к концу первого и второго месяцев фиксации.

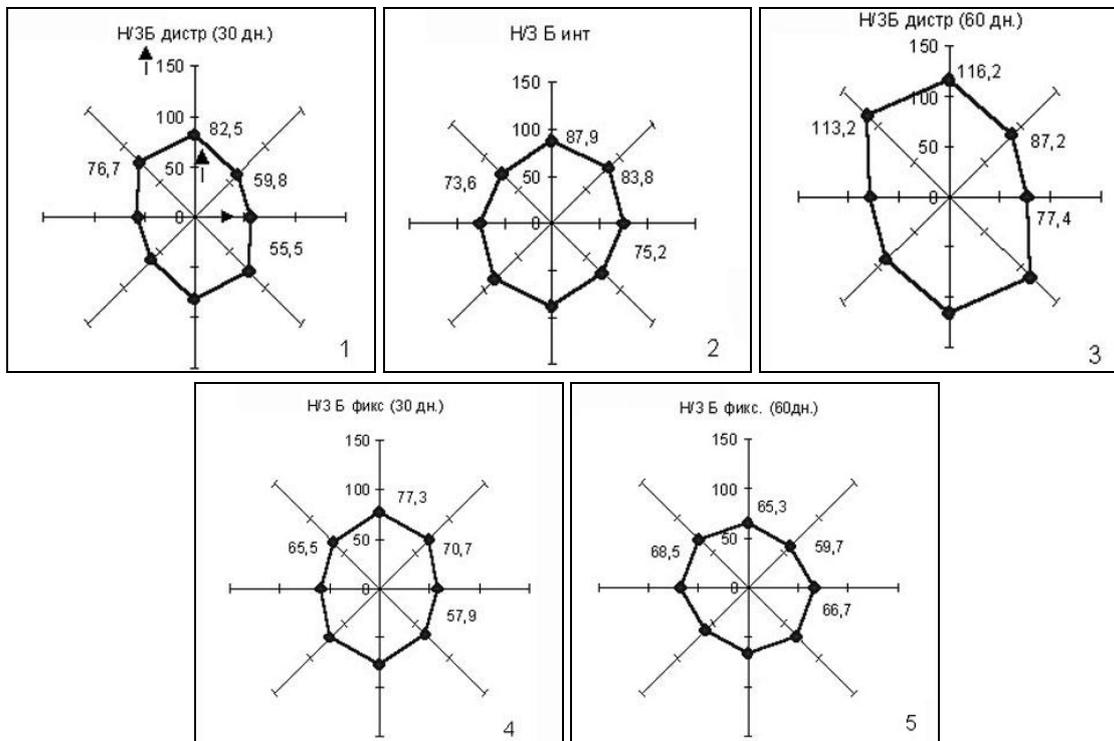


Рис. 2. Динамика скорости звука в коже удлиняемого и контралатерального бедра в различные периоды удлинения, а также изменение конфигурации акустических полей, построенных на концах векторов скоростей. Исследуемой областью являлась латеральная поверхность *нижней трети* сегмента в следующие периоды лечения: график 1, 3 – к концу первого и второго месяцев дистракции соответственно, 4 и 5 – к концу первого и второго месяцев фиксации. На графике 2 изображена форма акустического поля в коже контралатерального бедра.

Документирование маркированных квадратов кожи бедра с помощью фотосъемки не позволило достоверно проследить изменение длины их сторон. Визуально обнаруживались различные вариации изменения конфигурации изначально нанесенных квадратов: сразу после наложения аппарата увеличивалась длина и боковой стороны, и основания квадратов; в последующем, при distrакции, происходило вытягивание формы нанесенных фигур в продольном направлении. Это прослеживалось на коже верхней и нижней трети удлиняемого бедра. На основании этого был сделан вывод о том, что способ маркировки дает лишь качественную оценку характера растяжений в кожном покрове удлиняемого бедра. Более надежной и достоверной является методика определения акустической анизотропии с помощью акустического анализатора кожи.

На основе измерения скорости звука в коже удлиняемого бедра при различной относительно анатомической оси ориентации датчика (продольно, поперечно и косо-диагонально относительно анатомической оси) нами были построены огибающие кривые векторов скоростей. Установлено, что при distrакции в результате повышения скорости звука в продольном направ-

лении их форма («акустическое поле») становится более вытянутой параллельно вектору растяжения. Это прослеживалось в коже как верхней, так и нижней трети бедра - скорость звука составила  $120,8 \pm 5,8$  и  $116,2 \pm 4,3$  соответственно (рис. 1, 2). К концу фиксации происходило снижение скорости распространения акустической волны в коже – наблюдалась изотропия.

Таким образом, на основе качественной и количественной оценки биомеханического состояния кожного покрова биллокально удлиняемого бедра установлено, что происходит повышение акустической анизотропии в направлении, совпадающем с вектором растяжения. По характеру изменения формы специально маркированных фигур (изначально квадратов) – вытягивания параллельно растягивающим усилиям (близкой к форме прямоугольников), по-видимому, возможна качественная оценка перераспределения напряжений в кожном покрове сегмента. В условиях биллокального удлинения бедра происходит растяжение кожного покрова в обеих зонах остеотомии, степень происходящего растяжения кожи в определенной степени связана с величиной удлинения в верхней и нижней подсистемах аппарат-конечность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биомеханические свойства кожи конечности человека при удлинении по Илизарову / Л.А. Гребенюк, А.В. Попков, А.А. Утенькин и др. // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участ. иностр. спец., посвящ. 70-летию Г.А. Илизарова и 40-летию разработ. им метода чрескост. остеосинтеза. - Курган, 1991. - С.265-268.
2. Дьячкова Г.В. Рентгеноконтрастное исследование мышц у больных с заболеваниями опорно-двигательной системы при лечении по Илизарову: Дис ... д-ра. мед. наук в форме науч. докл. - М., 1992. - 48 с.
3. Каримова Л.Ф. Пороки развития костей голени: Автореф. дис... д-ра. мед. наук. - Л., 1983. - 50с.
4. Кроль И.Г., Бочкарев Г.Ф. Особенности функционального состояния мышц и кровоснабжения больной конечности при врожденных сгибательных контрактурах коленного сустава //Компрессионно-дистракционный остеосинтез. Вопросы суставной патологии: Сб. науч. тр. - Свердловск, 1971. - Т. 11. - С. 292-298.
5. Новиков К.И. Удлинение бедра у детей и подростков при ахондроплазии: Автореф. дис ... канд. мед. наук. - Курган, 2001. - 30с.
6. Поздникин Ю.И., Соловьева К.С. Ортопедическая заболеваемость детей России, организация специализированной помощи и перспективы ее совершенствования // Вестн. травматол. ортопед. - 1999. - №4. - С.61-64.
7. Попков Д.А., Гореванов Э.А., Аборин С.А. Некоторые биомеханические условия биллокального дистракционного остеосинтеза // Гений ортопедии. - 2000. - №4. - С.19-23.
8. Чипизубов А.А. Удлинение бедра у детей и подростков после частичной компактомии по Илизарову: Автореф. дис ... канд. мед. наук. - Пермь, 1989. - 15с.
9. Шевцов В.И., Гребенюк Л.А. Характеристика реологических и акустических свойств кожного покрова конечности человека при ее удлинении // Физиология человека. - 1998. - Т.20, №1. - С. 1-6
10. Exner G. Beinlangendifferenzen // Dtsch. Arzteblatt. - 1977. - Bd.36. - S. 2171-2175.

Рукопись поступила 13.12.01.