

Информативность акустических методов исследования покровных тканей и акустическая анизотропия кожи конечностей здорового человека

Л.А. Гребенюк¹

Informative ability of acoustic methods for study of integumentary tissues and acoustic anisotropia of limb skin in normal subjects

L.A. Grebeniuck

Государственное учреждение науки

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

Целью исследования явилось изучение акустической анизотропии кожного покрова конечностей здоровых детей и взрослых. Обследовано 29 здоровых людей, для чего был использован акустический анализатор кожи с диапазоном скоростей звуковой волны 15-300 м/с и частот – 10^3 - 10^4 Гц. Скорость звука в коже голени колебалась в пределах 62-76 м/с. Построены огибающие кривые векторов скорости звука с учетом различной ориентации прохождения звуковой волны (продольно, параллельно, косо-диагонально относительно продольной оси конечности). Выявлена различная направленность больших осей эллипсов формы акустических полей для правой и левой конечностей. Предложен критерий — форма акустических полей — для контроля создаваемых механо-биологических условий в коже при заживлении ран и моделировании формы и размеров сегментов конечностей.

Ключевые слова: кожа, акустическая анизотропия, конечности человека, ортопедия и травматология.

Study of acoustic anisotropia of limb skin integument in normal children and adults was an object of the work. 29 normal subjects were examined, using acoustic skin analyzer with the range of acoustic wave velocities – 15-300 m/s and that of frequencies - 10^3 - 10^4 Hz. Acoustic velocity of leg skin varied within 62-76 m/s. Bending curves of acoustic velocity vectors were plotted, taking into consideration different orientations of acoustic wave running (longitudinally, in parallel, oblique diagonally relative to limb longitudinal axis). Various intensities of major axes in ellipses of acoustic field shapes were revealed for right and left limbs. A criterium was supposed: acoustic field shape – for control of created mechanobiological conditions in skin during wound healing and modelling shape and size of limb segments.

Keywords: skin, acoustic anisotropia, human limbs, orthopaedics and traumatology.

В клинической практике состояние кожного покрова, как правило, оценивается визуально и пальпаторно. Обращается внимание на цвет, эластичность, наличие отека и трофических расстройств, подвижность и наличие спаянности с нижележащими тканями. В настоящее время арсенал методик объективной оценки механических и акустических свойств расширился и позволил решать новые задачи, стоящие перед хирургами и ортопедами [3, 4, 5, 6, 7]. Указанная методика успешно применяется для определения типа рубцово-измененной ткани [6].

Сравнительное исследование механических характеристик кожных покровов молочных желез в норме и у больных женщин со злокачественными новообразованиями и различными формами мастопатии показало, что акустическая сдвиговая вязкость кожи (в области соска) при раке молоч-

ной железы I-II стадии возрастает в 4 раза, а при раке III стадии - в 15 раз [1]. Практическое применение определения акустической сдвиговой вязкости состоит в возможности определения границы опухоли молочной железы. Имеются единичные сведения об использовании акустическо-симметрии для изучения процессов старения [5].

Наряду с этим недостаточно изучены акустические свойства кожи конечностей у здоровых людей, хотя для проведения сопоставительного анализа у больных с травмами, опухолями и ортопедической патологией необходимо знать об их особенностях. В доступной литературе необходимые сведения по этому вопросу единичны. Поэтому целью исследования явилось изучение акустической анизотропии кожного покрова конечностей здоровых детей и взрослых.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

¹ В анализе и обработке материала принимал участие Гребенюк Е.Б.

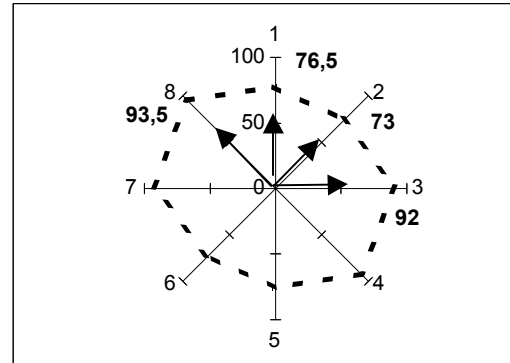


Рис. 2. Форма огибающих кривых скоростей звука в коже передне-латеральной поверхности голени здоровых детей в возрасте 14-17 лет

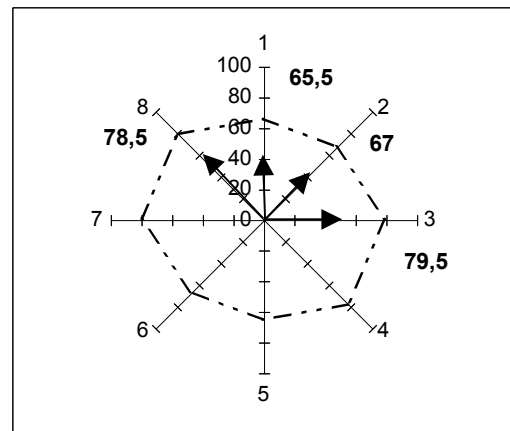
Выявлена различная направленность больших осей эллипсов для правой и левой конечностей. Так, для правой стороны ее ориентация соответствовала диагонали I четверти декартовой системы координат (45 град.), а для левой - диагонали II четверти (135 град.). Т.е., их расположение на плоскости ZX было "зеркально отраженным" и связано, по-видимому, с характером расположения коллагеновых пучков в дерме. Это согласуется с данными В.С. Чикуновой [8], показавшей, что коллагеновые волокна в дерме образуют петли и что направление диагоналей петель, образующихся на симметричных половинах тела, противоположное. Интересен факт совпадения характера противоположной направленности больших осей "акустических полей" у здоровых людей и больных с открытыми травмами костей голени. В работе [2] был проведен сравнительный анализ формы огибающих кривых векторов скоростей звука в коже близлежащих к ране участков после хирургической обработки раны и ее ушивания, а также симметричных областей интактного сегмента. В каждом покрове обследованных больных, следовательно, создавались механо-биологические условия, близкие по критерию формы акустических полей к таковым симметричных зон контралатерального сегмента больного и аналогичные конфигурации указанных полей в коже голени у здоровых людей. Это позволяет рассматривать конфигурацию акустических полей в каждом покрове в качестве одного из критериев для контроля создаваемых (оптимальных) для заживления механо-биологических условий (а следовательно, и механических неоднородностей), у больных с повреждениями мягких тканей конечностей.

О влиянии угла в коленном суставе на распределение акустических неоднородностей в коже голени. При сгибании коленного сустава под углом 90 град. существенных изменений в конфи-

гурации формы огибающей кривой скоростей звука в коже голени не происходило, а скалярные значения всех измеряемых векторов скоростей снижались в пределах от 6 до 15 м/с (рис.3, а, б).



а



б

Рис. 3. Сохранение формы акустического поля передне-латеральной поверхности голени здорового мужчины 25 лет после сгибания коленного сустава до 90 град. а - величина угла в коленном суставе 180 град. б - сгибание в коленном суставе до 90 град.

При исследовании распределения скоростей звука в коже бедра у здоровых детей и взрослых обнаружено, что по критерию формы акустических полей распределение скоростей звука очертания кривых существенно не отличались от результатов, полученных при исследовании кожного покрова голени. Также прослеживался факт наличия зеркально отраженной симметрии их конфигурации относительно продольной оси конечности. Так, у детей 6-7 лет для правого и левого сегментов четко прослеживалась зеркальная симметрия «акустических полей» при проведении замеров в четырех описанных выше направлениях, т.е. большие оси эллипсов не были параллельными, а соотносились в декартовой системе координат под углом 90 градусов друг к другу.

Для кожи интактного бедра кривая концов векторов скоростей у больных с ортопедической патологией была также эллиптической или круглой.

ВЫВОДЫ

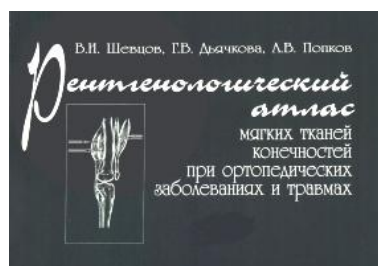
1. Методика акустovelосимметрии позволяет изучать особенности акустической анизотропии кожи конечностей - выявить качественные отличия (по критерию формы акустических полей) и количественно оценить параметры анизотропии. Используемая методика у здоровых людей и данные литературы указывают на ее высокую информативность и возможность использования в качестве неинвазивного экспресс-метода определения скорости звука в коже.
2. Коэффициентом пропорциональности между скоростью и плотностью служит параметр, характеризующий плотность среды (кожи), т.е. модуль упругости. Поэтому, определяя скорость звука в коже, по существу оценивается некоторый комплексный параметр, включающий модуль упругости данной среды. Таким образом, огибающая кривая может служить, хотя и в неявном виде, характеристикой жесткости кожного покрова в различных выбранных направлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян Г.А., Чалов М.-Х.Б., Асоян К.В. Сравнительные исследования механических характеристик кожных покровов молочных желез в норме и при патологии in vivo // Тез. докл. III Всесоюз. конфер. по проблемам биомеханики. - Рига, 1983. - Т. 1. - С. 85 - 86.
2. Гребенюк Л.А., Мартель И.И. Текущий контроль акустических свойств кожи у больных с открытыми переломами костей конечностей (методические аспекты) // Гений ортопедии - 1998. - N.4. - С.137-139.
3. Удостоверение № 43/89 на рац. предложение: Звуковой способ количественного определения акусто-механических свойств кожи / Л.А. Гребенюк, А.В. Попков; РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова (РФ).
4. Максимова Л.П., Дмитриев Г.И., Арефьев И.Ю. Количественная оценка послеожоговых рубцов и нормальных мягких тканей // Тез. докл. IV Всерос. конф. по биомеханике "Биомеханика-98". - Н.Новгород, 1998. - С.164
5. Неинвазивные методы оценки старения кожи / А.И. Деев, Е.В. Кожухова, А.В. Путвинский, А.Ю. Тюрин-Кузьмин // ХУП съезд Всероссийского физиологического общества им. И.П.Павлова: Тез. докладов. - Ростов-на-Дону, 1998. - С.179.
6. Новый способ определения типа рубцово-измененной ткани / В.Н. Федорова, Е.И. Маевский, В.А. Плигин и др. // Вестник РАМН. - 1994. - N.4. - С.12-15.
7. Сарвазян А.П. Низкая скорость звука в гелях и биологических тканях: Дис ... канд. физ.-мат. наук. - Пушкино, 1968.- 193с.
8. Чикунова В.С. К вопросу о морфофункциональной характеристике органной специфичности соединительной ткани кожного покрова взрослых людей // Материалы IV Всесоюз. симпозиума по проблемам гистофизиологии соединительной ткани. Т.1. - Новосибирск, 1972. - С.101 - 104.

Рукопись поступила 28.10.99.

Вышли из печати



В.И. Шевцов, Г.В. Дьячкова, А.В. Попков

Рентгенологический атлас мягких тканей конечностей при ортопедических заболеваниях и травмах

М.: Медицина, 1999. - 96 с.: ил. - ISBN5-225-02759-8

В атласе дано экспериментальное обоснование рентгеноконтрастного исследования мышц, подкожной клетчатки и сухожилий, приведены клинко-рентгенологическая характеристика патологических процессов в мягких тканях, рентгеноморфологические параллели изменений мышц при удлинении конечностей, описана рентгенологическая картина мягких тканей при повреждениях, различной ортопедической патологии (укорочения конечностей, аномалии развития, заболевания тазобедренного сустава и т.д.) и лечении методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову. В атласе впервые представлены данные по рентгеноконтрастной диагностике состояния мягких тканей.

Атлас предназначен для рентгенологов, ортопедов-травматологов, хирургов, студентов.