

АКУСТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ КОЖИ И ЛИНИИ ЛАНГЕРА

Козырь Л.В., Абасов М.А., Михалева В.А., Фаустова Е.Е. Биганов А.В., Гончарова А.В.

РНИМУ- Российский научно-исследовательский медицинский университет им.
Н.И.Пирогова, Россия, Москва, e-mail fedvn46@yandex.ru

Рассматриваются механические свойства нормальной кожи человека в различных областях на поверхности тела. Механические свойства оцениваются акустическим методом, позволяющим измерять скорость распространения поверхностной волны в коже. Используется параметр – акустическая анизотропия, определяемый через соотношение скоростей, измеренных во взаимно перпендикулярных направлениях. Акустическая анизотропия сопоставляется с направлением линий естественного натяжения кожи – линиями Лангера. Установлено, что механическая акустическая анизотропия соответствует ориентации линий натяжения кожи.

Ключевые слова: акустическая анизотропия, коэффициент акустической анизотропии, линии натяжения Лангера

ACOUSTIC ANISOTROPY OF THE SKIN AND THE LANGER LINE

Kozyr, L. V., Abasov M. A., Mikhalev V. A., Faustova E. E., Biganov A.V., Goncharova A. V.

Russian national research medical University Russian national research medical University. N. I.
Pirogova, Russia, Moscow, e-mail fedvn46@yandex.ru

The mechanical properties of normal human skin in various areas on the surface of the body are considered. Mechanical properties are evaluated by an acoustic method that allows measuring the speed of surface wave propagation in the skin. An acoustic anisotropy parameter is used, which is determined by the ratio of velocities measured in mutually perpendicular directions. Acoustic anisotropy is compared with the direction of the natural skin tension lines-Langer lines. It was found that the mechanical acoustic anisotropy corresponds to the orientation of the skin tension lines.

Keywords: acoustic anisotropy, acoustic anisotropy coefficient, Langer tension lines

Впервые анатомическая анизотропия кожи была обнаружена, немецким анатомом Лангером [11]. Исследования анизотропии были представлены в виде условных линий на поверхности кожи, указывающих направление ее максимальной растяжимости – линий Лангера. Современные исследования кожи различными механическими методами подтвердили наличие в коже анизотропии и определили ее количественные характеристики [12, 13]. Хотя истинная природа происхождения линий Лангера разными авторами объясняется по-разному [10, 13], тем не менее факт их существования не вызывает сомнения. Накопился большой материал по акустической анизотропии многих участков кожи человека.

Материалы и методы.

Исследования осуществлялись с использованием акустического анализатора (см. статью 1). Выбор участков кожи определялся многочисленными исследованиями в различных областях медицины, которые проводились в течение последних 25 лет.

Изменения проводились по взаимно-перпендикулярным направлениям, Коэффициент анизотропии вычислялся по формуле (3), приведенной в статье 1.

В настоящей статье собраны вместе исследования акустической анизотропии на различных участках тела [1, 3, 4, 8, 9]. Результаты исследований соотнесены с расположением линий Лангера на обследуемых участках рис.4. На этом же рисунке пронумерованы области исследования и указан знак (+ или -) коэффициента акустической анизотропии K .

1. Акустическая анизотропия кожи конечностей

Рука

Акустическое сканирование кожи на руке показало следующее.

В области *середины предплечья* (эта область часто используется в качестве нормы для сравнения) с внешней стороны у 85% обследованных добровольцев проявляется **положительная** акустическая анизотропия ($V_y > V_x$), рис. 4. область (1). При этом степень ее выраженности изменяется при некоторых кожных заболеваниях (псориаз, грибовидный микоз, нейродермит и др.).

На *сгибательных участках тела* (области локтевого сгиба, запястья, проявляется **отрицательная** анизотропия ($V_y < V_x$) у 75-85% обследованных добровольцев. И на этих участках степень ее выраженности изменяется при некоторых заболеваниях (псориаз, атопический дерматит, дермо-респираторный синдром и др).

На *ладони* в области нижних фаланг пальцев рук у 80 % добровольцев проявляется **положительная** анизотропия ($V_y > V_x$), рис. 4, область (8).

Таким образом, было показано, закономерности изменения акустических параметров, полученные на физических моделях, подтверждаются и на биологических объектах. Это свидетельствует о широких возможностях акустического метода. Он является дополнительным методом для изучения механических свойств кожи (и других биологических тканей). Этот метод является неинвазивным экспресс-методом, простым в использовании – не требуется большого времени, что бы овладеть методикой работы на нем.4. область (8).

На сгибательном участке ладони в *области ее средней части* проявляется **отрицательная** анизотропия у 90 % обследованных добровольцев, рис. 4, область (7).

Нога

На внутренней поверхности голени [8] по вертикальной линии (в 5 точках) между внутренними мыщелками коленного и голеностопного суставов в 90% случаев проявляется **положительная** анизотропия, рис. 4, область (13).

В области подколенного сгиба проявляется **отрицательная** анизотропия ($V_y < V_x$) у 80% обследованных добровольцев, рис. 4, область (4).

Таким образом, на здоровой коже конечностей положительная анизотропия проявляется на участках тела, которые не испытывают изгибов. На сгибательных поверхностях преобладает отрицательная анизотропия. Это связано с тем, что по данным [6] на сгибательных поверхностях суставов эластические волокна направлены, главным образом, поперек оси конечности. В большинстве случаев акустическая анизотропия конечностей соответствует направлению линий Лангера.

2. Акустическая анизотропия кожи туловища

Живот и поясница

На туловище были выбраны для обследования те области – живот и поясница, в которых линии Лангера проявляются наиболее отчетливо, рис. 4, области (9,10).

Сканирование проводилось по средней линии живота и средней линии поясницы. На каждой линии сканирование проводилось в 11 точках, равноотстоящих друг от друга.

На рис. 1 приведены примеры значений коэффициента анизотропии (K) кожи в области поясницы и живота.

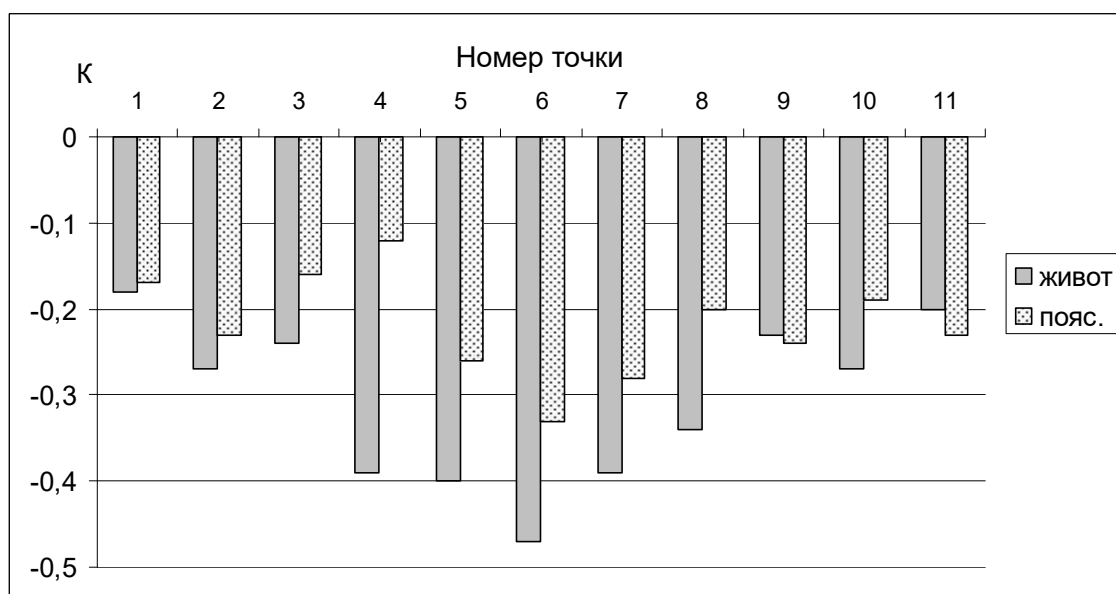


Рис. 1. Коэффициент анизотропии (K-) на линиях живота и поясницы

Акустическое сканирование кожи на туловище показало следующее.

В области *живота* у 79% добровольцев во всех точках проявлялась **отрицательная** анизотропия ($V_y < V_x$), рис. 4, область (10), У остальных добровольцев наблюдалась либо изотропия, либо в некоторых точках наблюдалась положительная анизотропия.

В области *поясницы* у 85% добровольцев без каких либо нарушений в области поясницы проявлялась **отрицательная** анизотропия в каждой точке сканирования, ($V_y <$

V_x), рис. 4, область (9). У некоторых пациентов, имеющих нарушения в этой области (грыжа, скалиоз, ушибы) проявление анизотропии было существенно иным.

Субмаммарная линия

У женщин нормального телосложения (100%) в области субмаммарной линии (линия на груди под молочной железой) (7 точек) справа и слева у всех проявлялась в каждой точке **отрицательная** акустическая анизотропия ($V_y < V_x$) [9]. Значения коэффициента анизотропии K с обеих сторон туловища возрастают при переходе от латеральной к медиальной части туловища, рис. 2.

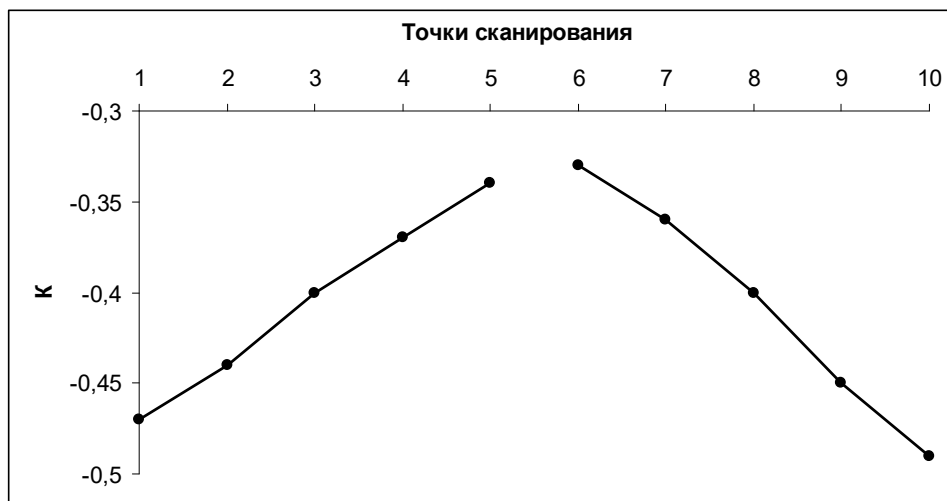


Рис. 2. Изменения коэффициента акустической анизотропии (K-) по субмаммарной линии

Совпадение выраженности акустической анизотропии с направлением линий Лангера имеет место в данных областях обследованной кожи туловища.

3. Акустическая анизотропия кожи лица

Исследование кожи лица акустическим методом проводилось по линиям сканирования, расположенным на лбу и на щеках, рис.3.

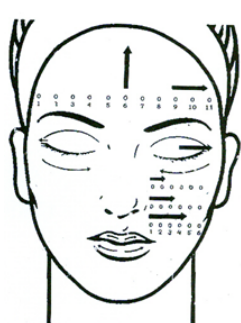


Рис.3. Точки сканирования на лице; преимущественные направления проявления анизотропии в коже лица (указаны стрелками): центр лба – положительная анизотропия; височная часть – отрицательная анизотропия; верхнее веко – отрицательная анизотропия; щеки – отрицательная анизотропия, возрастающая к низу щеки

Лоб

На лбу линия сканирования проходит на 1,5 см выше бровей и содержит 11 точек, расположенных на равном расстоянии друг от друга, рис.3.

Средняя точка (6) находится в середине лба, крайние точки (1 и 11) находятся в височной области на границе с волосяной частью головы.

На линии лба имеют место точки как с положительной, так и с отрицательной акустической анизотропией. Наибольшим значением положительного коэффициента $K+$ характеризуется средняя точка (6) лба. Это свидетельствует о том, что преимущественное направление распространения поверхностных волн в области этой точки соответствует направлению $У$. Данный факт находится в соответствии с расположением линий естественного натяжения Лангера в центральной части лба, рис. 4, область (5). Возможно при этом следует учитывать вертикальное расположение лобной мышцы и определенную ориентацию эластических волокон. В интервале между точками (4, 5) и (7, 8) коэффициент анизотропии меняет знак. Максимальным по модулю значением отрицательной анизотропии характеризуются точки (1, 2) и (10, 11).

Щеки

Сравнение акустических свойств кожи щек проводилось по трем линиям сканирования, проходящим через верхнюю, среднюю, нижнюю часть каждой щеки. Каждая линия содержала 6 точек (на расстоянии 1,5 см друг от друга).

В различных линиях проявлялась либо положительная, либо отрицательная акустическая анизотропия, либо анизотропия отсутствовала. Для однозначного сравнения была выбрана отрицательная анизотропия. Видно, что акустическая анизотропия в линиях сканирования проявляется по-разному. При переходе к более низким линиям сканирования возрастает число точек, в которых имеет место отрицательная анизотропия ($V_y < V_x$), рис. 4. область (6).

4. Акустическая анизотропия кожи век

В коже век анатомически заложена анизотропия ввиду определенного положения круговой мышцы [2]. Различные участки кожи век анатомически не однородны. Обследование проводилось у пациентов с нормальным развитием глаза, в положении лежа на спине с закрытыми глазами. При измерениях скорости направление X выбиралось параллельно глазной щели, направление $У$ - перпендикулярно глазной щели.

Проводились измерения у с нормальным развитием глаза [3, 5]. Исследовалась орбитальная область кожи верхнего века у внутреннего угла глаза (точка 1), в середине (точка 2), у наружного угла (точка 3). Результаты акустических измерений для различных

точек века во взаимно-перпендикулярных направлениях представлены в табл.7.

Таблица 7. Скорости в различных точках века

Область века	V_y , м/с	V_x , м/с	K
точка 1	$32 \pm 2,9$	$40 \pm 2,7$	-0,2
точка 2 (средняя)	$37 \pm 2,1$	$56 \pm 1,9$	-0,34
точка 3	$38 \pm 2,3$	$55 \pm 2,1$	-0,31

Анализ данных, полученных в орбитальной области верхнего века, свидетельствует о том, что для этой области имеет место отрицательная анизотропия ($V_y < V_x$). Максимально отрицательная анизотропия выражена в центральной части (точка 2). Отрицательная анизотропия является отражением растягивающего действия в горизонтальном направлении.

Естественное натяжение орбитальной области век, связанное с прикреплением тарзо-орбитальной фасции к краям орбиты и хряща, а также направление волокон круговой мышцы определяют **отрицательную** акустическую анизотропию ($V_y < V_x$) орбитальной области во всех трех точках в 100% случаев.

5. Сопоставление акустической анизотропии с линиями Лангера

Как уже указывалось, в работе использовалась схема стандартного расположения линий Лангера по [7]. Эта схема использовалась авторами рассматриваемых работ для сопоставления линий натяжения с акустической анизотропией по осям Y и X. На рис. 4. представлены линии Лангера и выявленная акустическая анизотропия в тех участках кожи тела человека, на которых проводилось акустическое сканирование в совокупности всех рассмотренных работ.

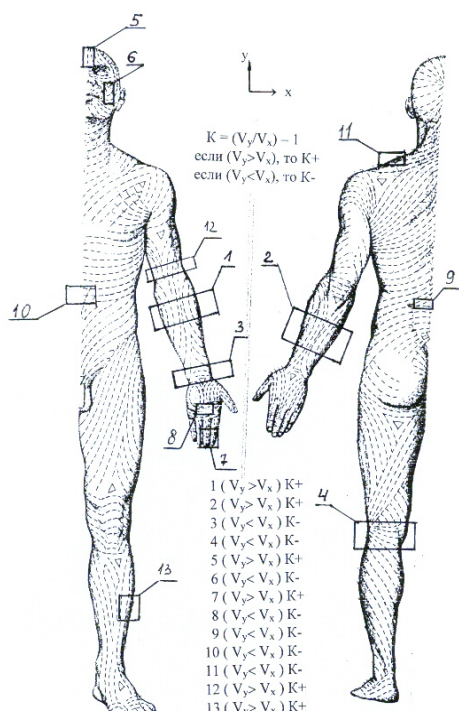


Рис. 4. Линии Лангера и коэффициент акустической анизотропии (К) на различных участках кожи

Выводы

Показано, что выраженность акустической анизотропии кожи соответствует ориентации линий Лангера.

Список литературы

1. Авдошенко К.Е., Федорова В.Н., Фаустова Е.Е., Маевская М.Е. Оценка акустических характеристик и динамики отека мягких тканей лица и шеи после широкой мобилизации и на фоне применения различных методов физиотерапевтического воздействия в послеоперационном периоде//Российский биомедицинский журнал. 2005. Т.6. С. 694-704.
2. Куприянов В.В., Стновичев Г.В. Лицо человека. М. Медицина.1988.
3. Обрубов С.А., Воронков В.Н., Сидоренко Е.И., Федорова В.Н. Метод прижизненной оценки биомеханических свойств тканей глаза (экспериментальное исследование)//Вестник офтальмологии.1995..№4. С. 27-30.
4. Обрубов С.А., Сидоренко Е.И., Федорова В.Н., Молотков А.П Биомеханические закономерности распределения напряжений в различных топографических зонах век у детей в норме и с различной величиной близорукости//Вестник офтальмологии №5, 1996, С. 24-27.
5. Рогожина И.В Экспериментальное и клиническое обоснование транспальпебральной акустической тонометрии. М. 2002.
6. Сапин М.Р. Анатомия человека. М. Медицина. 1993.
- 7 Синельников Р.А. Атлас анатомии человека. М. Медицина 1978. Т. 4.
8. Федорова В.Н., Якимец В.Г., Субботина Н.Н. Акустические характеристики кожи нижних конечностей и линии Лангера//Вестник РГМУ. 2001. № 5. С. 47-51.
9. Федорова В.Н., Фришберг И.А., Виссарионов В.А. Изучение нормометрических показателей кожи молочной железы определением акустической механической анизотропии//Наука и технология в России. 2000. №3. С. 25-28.
10. Findlay D. Scanning elektron microscopy of the human dermis under uni-axial strain//Bio-Medical Engineering, 3, 1969, P. 322-327.

11. Langer A.K. Zur anatomie und phisiologie der haut. 1. Uber die spaltbarkeit der cutis // S.B. der Akad. in Wein. 1862. Vol.44. P. 19-46.
12. Lanir Y. The rheological behavior of the skin: experimental results and a structural model // Biorheology. 1979. Vol. 16. P. 191-192.
13. Potts R.O, Chrisman D.A, Buras E.M, The dynamic mechanical properties of human skin iv vivo//J. Biomechan, N 6, V. 16, 1983. P 365-372.