

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель министра

\_\_\_\_\_ Р.А. Часнойть  
11 июля 2008 г.  
Регистрационный № 022-0308

**МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОТОПЛАНТОГРАФИИ  
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ СТОПЫ**

инструкция по применению  
(патент № 1805)

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК: УО «Гродненский государственный  
медицинский университет»

АВТОРЫ: канд. мед. наук В.С. Аносов, д-р мед. наук, проф.  
С.И. Болтрукевич, канд. мед. наук М.С. Михович, Л.З. Сычевский,  
А.Г. Мармыш

Гродно 2008

## ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

Объективный скрининг-метод для диагностики патологии стопы среди детей.

## ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РЕАКТИВОВ, ПРЕПАРАТОВ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Фотоплантографический комплекс (Плантограф, фотоаппарат цифровой, компьютер, программное обеспечение).

## ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБА

Суть предлагаемой и внедренной в клиническую практику компьютерной фотоплантографии заключается в регистрации плантограмм при возрастающей статической и динамической нагрузке и компьютерном анализе полученных данных.

Для этих целей использовался модернизированный стеклянный плантограф. На рис. 1 представлена схема устройства для получения фотоплантограмм. Оно состоит из опорного стекла (1) размером 45×40 см и толщиной 2 см, в торцевой части которого расположены бестеневые лампы. Стекло находится на опорной раме (2) на расстоянии 50 см от пола. Под центром опорной поверхности на горизонтальной плоскости расположен цифровой фотоаппарат (4), подключаемый к компьютеру (5). На мониторе компьютера регистрируется изображение опорной поверхности стопы в режиме реального времени. При включении бестеневой лампы подсветки зона контакта кожи и стекла приобретает зеленое свечение. Более интенсивное свечение наблюдалось под зонами опорной поверхности стопы с большей нагрузкой.

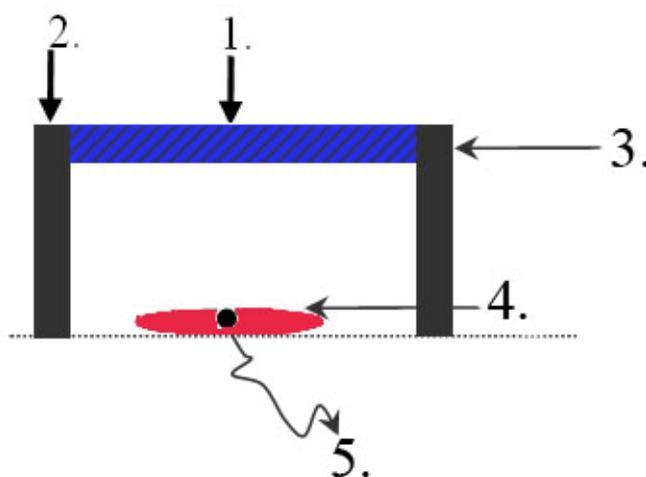


Рис. 1. Схема фотоплантографа: 1 — опорное стекло; 2 — опорная рама; 3 — стеклянный плантограф; 4 — цифровой фотоаппарат, 5 — компьютер

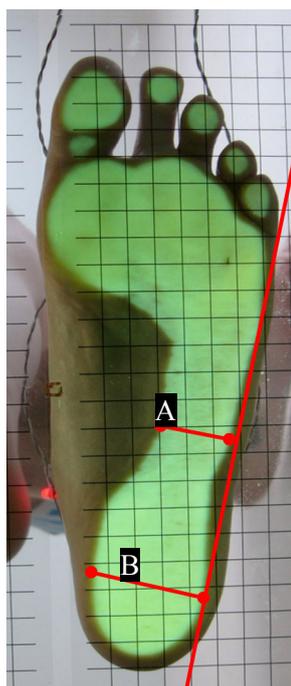
Плантограммы выполняли в положении обследуемого сидя, стоя на двух и на одной ноге. В первом положении (сидя) коленный сустав располагался над стопой, голень — перпендикулярно опорной поверхности. Во втором положении (стоя на двух ногах) обследуемый равномерно распределяет вес на обе стопы, коленный сустав находится над средним отделом стопы в положении легкого сгибания, что позволяет равномерно распределить нагрузку между передним и задним отделом стопы. В третьем положении (стоя на одной ноге) коленный сустав также располагается над средним отделом стопы, подошвенные мышцы при этом расслаблены.

В первом положении фотоплантограмма отражает состояние сводов в покое при минимальной нагрузке. Во втором — нагрузка на стопы равна половине максимальной. В третьем положении нагрузка максимальная, моделируется состояние сводов в среднюю фазу опоры цикла шага, когда центр тяжести тела находится над средним отделом стопы.

Значения индексов опорной поверхности исследовали в динамике изменения нагрузки, сидя с минимальной нагрузкой и при переходе в положение стоя. Аналитическая обработка плантограмм производилась с применением компьютерной техники.

Измерения фотоплантограмм, выполненных в положении сидя, стоя на двух и на одной ноге, проводились с помощью компьютера. На фотоплантограмме различали область отпечатка стопы (зеленого свечения) и контура стопы (зона темного цвета вокруг отпечатка). Для анализа фотоплантограммы требовалась стандартизация методики определения точек отсчета (рис. 2). Проводилась касательная к наружному краю стопы — ED, соединяющая наиболее латеральные точки переднего и заднего отделов отпечатка стопы, и касательная ко внутреннему краю отпечатка стопы (AB). От линии ED восстанавливались перпендикуляры, касающиеся вершины отпечатка первого пальца (точка F) и вершины заднего отдела отпечатка (точка C). Для оценки рессорного свода стопы проводили отрезок GC. Точка G расположена на отпечатке стопы под наружным краем основания первого пальца стопы, точка C — вершина заднего отдела отпечатка. Отрезки GH и JC характеризуют соответственно дистальную и проксимальную опору рессорного свода. Определяли процентное увеличение отрезков GH и JC при возрастающей нагрузке (в трех положениях). Ширину отпечатка стопы определяли измеряя длину перпендикуляра опущенного из точки A к линии ED. Известно, что в положении без нагрузки головки плюсневых костей образуют арку (поперечный свод стопы). При нагрузке на стопы поперечный свод стопы упруго «распластывается». Данный механизм смягчает механические воздействия на передний отдел стопы при ходьбе. Ширина стопы при поперечном плоскостопии увеличивается. Нарушение рессорных свойств поперечного свода стопы приводит к снижению его высоты без нагрузки, а величина его уплощения под нагрузкой уменьшается. Оценка процента увеличения ширины стопы позволяет судить о рессорной функции поперечного свода стопы. Оценивалось процентное увеличение ширины стопы при возрастающей нагрузке. По фотоплантограмме в положении стоя

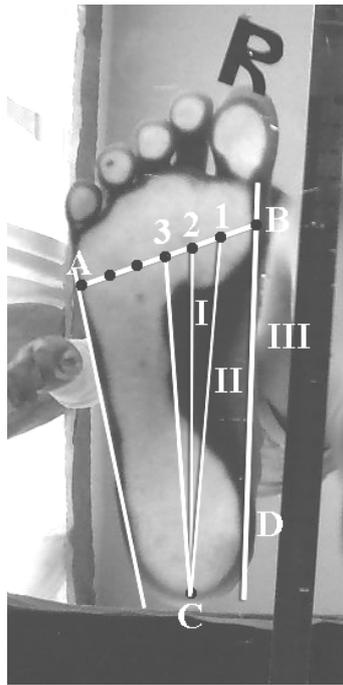




**Рис. 3. Индекс свода стопы: А — ширина отпечатка в области среднего отдела; В — ширина отпечатка в области заднего отдела стопы**

Продольное плоскостопие разделялось на три степени. *Первая степень* плоскостопия (рис. 4) — уплощение продольного свода до линии первого луча стопы. *Вторая степень* — уплощение свода до линии внутреннего края отпечатка стопы (касательная  $BD$  к внутреннему краю отпечатка). *Третья степень* — внутренний край стопы приобретает выпуклый характер, появляется опора в проекции головки таранной кости.

Описанная методика выполнения исследования позволяет регистрировать на мониторе изображение опорной поверхности стопы не отраженное в зеркале, что отличает фотоплантограф от других описанных моделей. Выполнение фотоплантограмм в трех стандартных положениях позволяет оценить реакцию опорной поверхности стопы на нагрузку. Ведение базы данных позволяет оценить течение деформации у данного пациента, индивидуализируя подход к его лечению.

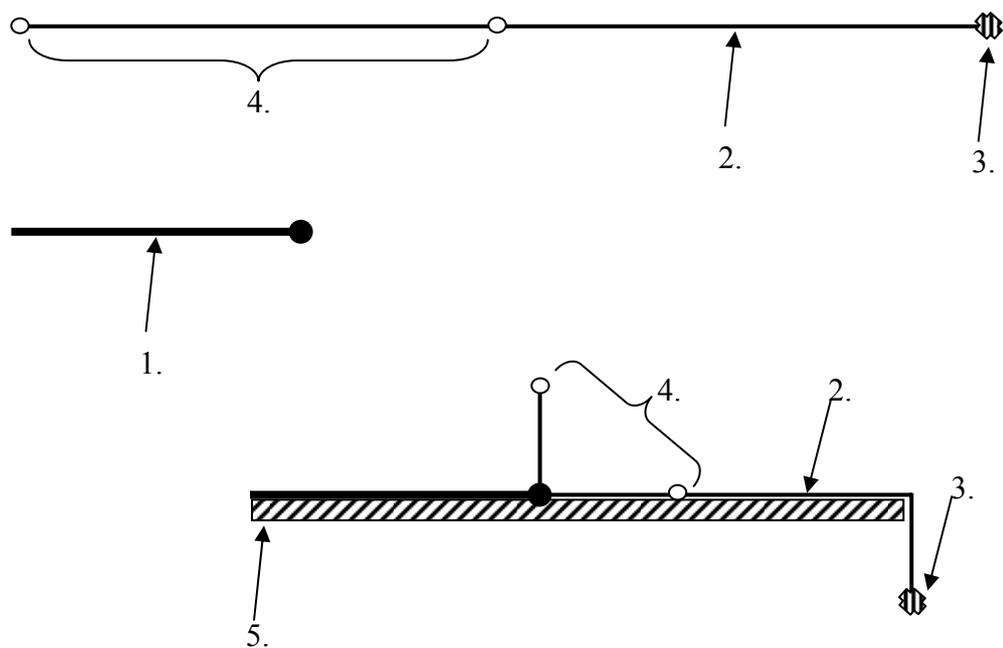


**Рис. 4. Схема определения степени плоскостопия:**  
**AB** — ширина переднего отдела отпечатка, пятью точками разделен на 6 равных отрезков. Каждая из 5 точек соответствует головке плюсневой кости.  
**Точка С** — крайняя точка отпечатка заднего отдела стопы

### **Определение высоты продольного свода стопы**

Высота продольного свода является важным диагностическим критерием. Различают два продольных свода: наружный продольный (грузовой) и внутренний продольный (рессорный). Наружный состоит из пяточной, кубовидной, 4 и 5 плюсневых костей. Внутренний продольный свод образован таранной, ладьевидной, тремя клиновидными и 1, 2, 3 плюсневыми костями. Существует ряд методов прямого и косвенного определения высоты продольного свода стопы. Максимальная высота продольного свода стопы вычисляется на уровне таранно-ладьевидного сустава. Предложено несколько антропометрических методик определения высоты продольного свода. Авторы измеряли расстояние от опорной поверхности до бугристости ладьевидной кости, самой высокой точки свода на сухожилии разгибателя первого пальца стопы.

Среди авторов существуют разногласия в методике и способе оценки высоты продольного свода стопы. Высота продольного свода на фотоплантограмме определялась нами с помощью специального приспособления. С этой целью использовалось устройство, состоящее из нерастягиваемой нити (2), противовеса (3), направляющего блока (1). На нити обозначен отрезок АВ, длина которого известна (рис. 5).



**Рис. 5. Схема устройства: 1 — направляющий блок; 2 — нить; 3 — противовес; 4 — обозначенный на нити отрезок АВ; 5 — опорное стекло**

Известно, что фотоплантограмма отражает строение скелета стопы. Оценка плантограмм позволяет косвенно судить о высоте свода стопы. Для непосредственной оценки рессорных свойств и уплощения продольного свода мы по фотоплантограмме (снимок отпечатка стопы в горизонтальной плоскости) определяли высоту продольного свода стопы (величина, измеряемая в сагиттальной плоскости). Выполнение фотоплантограмм при нарастающей нагрузке позволяет оценить динамику уплощения продольного свода.

Для определения высоты продольного свода стопы располагали стопы исследуемого на опорном стекле плантографа (рис. 6). Свободный конец нити фиксировали над сухожилием задней большеберцовой мышцы в месте ее крепления к ладьевидной кости. Для исследования выполняли фотоплантограммы сидя, стоя на двух ногах и стоя на одной ноге. Определяли длину видимого отрезка нити и, зная длину всего отрезка путем вычитания определяли высоту продольного свода стопы.

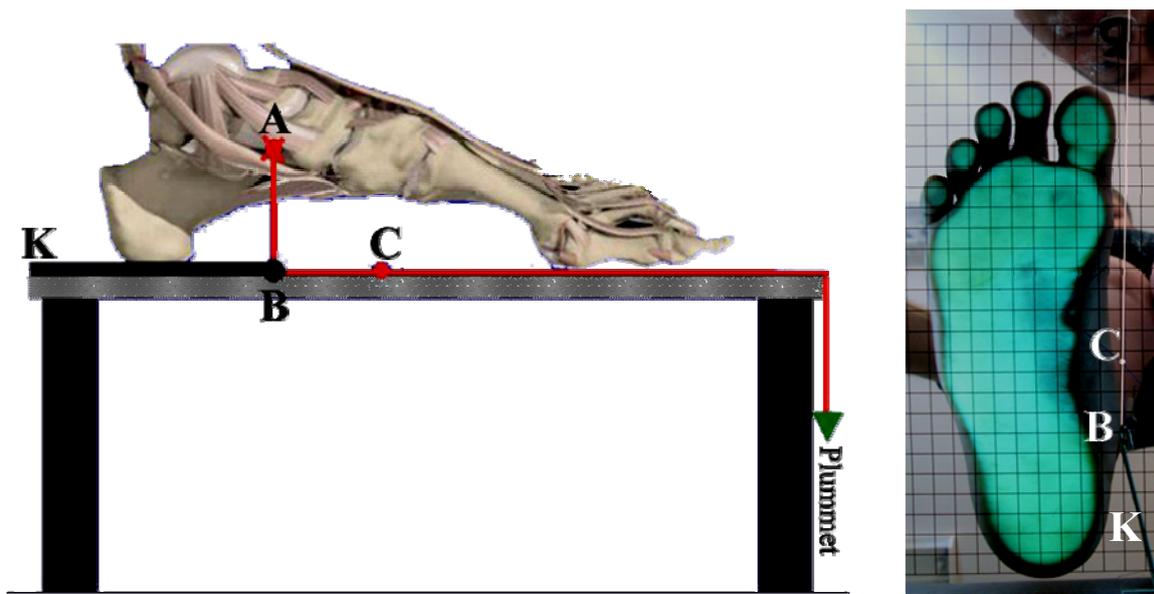


Рис. 6. Пример измерения высоты продольного свода стопы: отрезок AC был отмечен на нити. Длина отрезка AC постоянна и известна ( $AC = 10$  см). Свободный конец отрезка (точка A) фиксировался над местом крепления сухожилия задней большеберцовой мышцы к ладьевидной кости. Нить проходила через блок KB под прямым углом и шла вдоль стекла. Длина отрезка CB измерялась по фотоплантограммам. Путем вычитания из 10 см длины отрезка CB мы узнавали длину отрезка AB

Ось движений голеностопного сустава является важным элементом в оценке деформаций стопы. Известно, что ось данного сустава проходит через верхушки наружной и внутренней лодыжек. Ранее применяемая методика определения данной оси во время осмотра неприемлема для комплексной оценки торсионных нарушений. Для определения оси нами использовалось устройство, схема которого представлена на рис. 7.

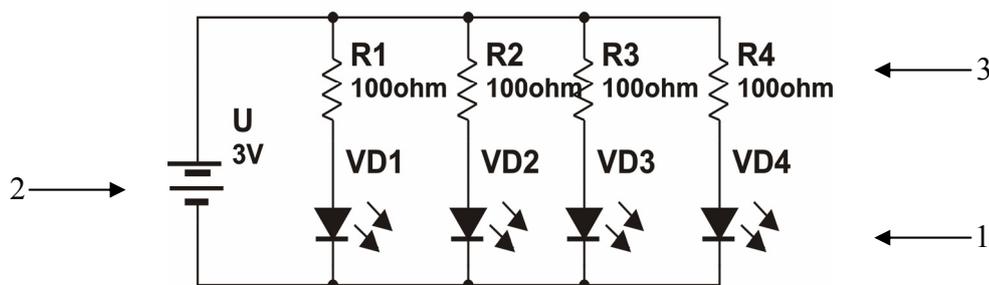
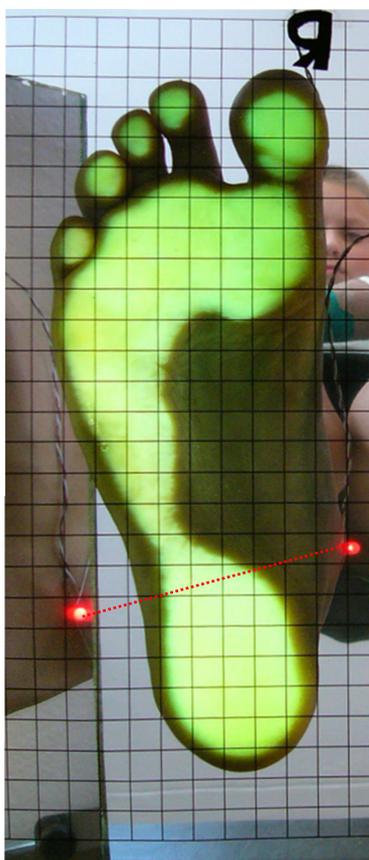


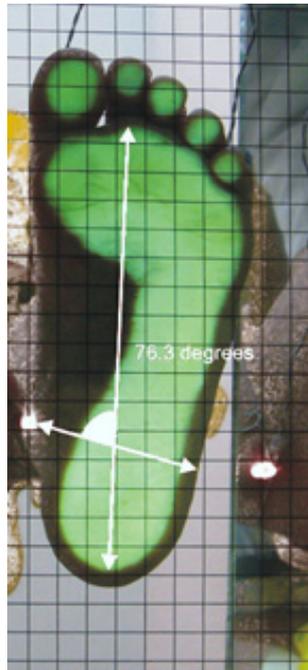
Рис. 7. Схема устройства для определения оси голеностопного сустава при фотоплантографии: 1 — светодиоды; 2 — источник постоянного тока; 3 — сопротивление

Пальпаторно определив вершунку наружной и внутренней лодыжки под ними устанавливали светодиоды (рис. 8). Линия соединяющая светодиоды (проведенная при оценке фотоплантограммы), соответствовала оси голеностопного сустава. Возможность оценки угла между осью голеностопного и коленного суставов (торсия костей голени), голеностопного сустава и подтаранного комплекса стопы позволяет изучить важные биомеханические характеристики, ранее недоступные при фотоплантографическом исследовании.

Положение оси голеностопного сустава позволяло определить лодыжечно-осевой угол стопы (рис. 9), торсию костей голени, деформации заднего отдела стопы. Лодыжечно-осевой угол стопы характеризует изменения в таранно-пяточно-ладьевидном суставе и в норме принимает значения 85–90°.



**Рис. 8. Определение оси голеностопного сустава: светодиоды, расположенные под вершунками лодыжек, хорошо видны на фотоплантограмме (точки красного цвета)**



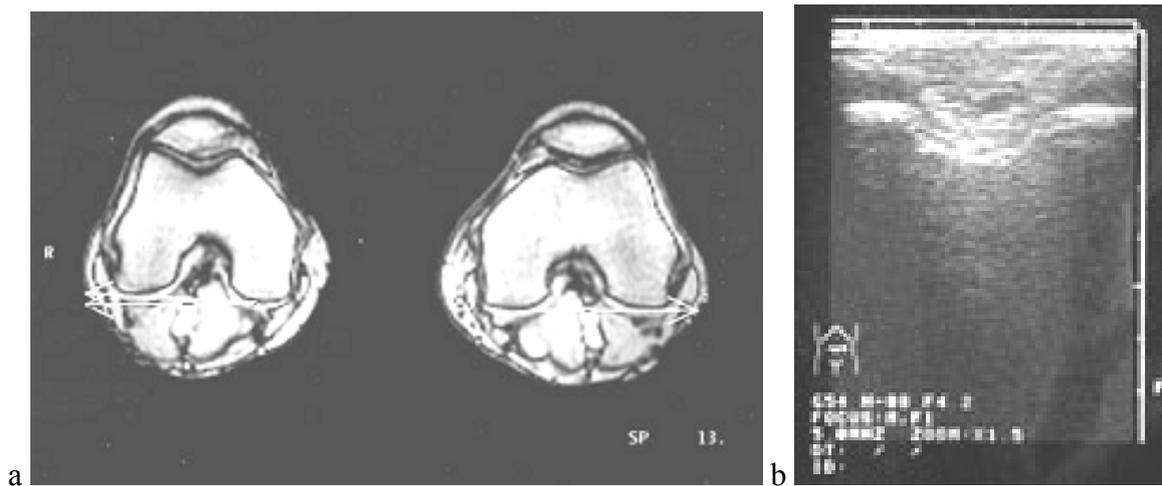
**Рис. 9. Лодыжечно-осевой угол стопы: угол заключен между осью отпечатка и осью голеностопного сустава**

### **Измерение торсии костей голени**

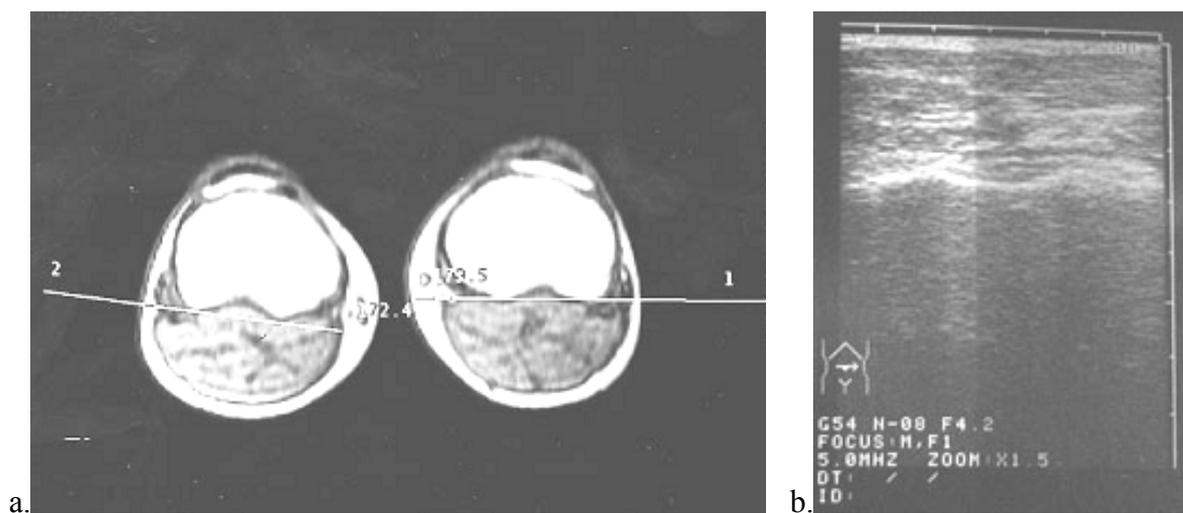
Общепринятым методом измерения торсии костей голени считается компьютерная и магниторезонансная томография. Определение верхней расчетной линии голени целесообразно выполнять с помощью УЗ-метода. Предложенное нами измерение торсии производилось следующим образом. Под вершинами лодыжек устанавливались светодиоды, которые указывали положение оси голеностопного сустава в горизонтальной плоскости. Стопы исследуемого располагались на стеклянном фотоплантографе, голень — вертикально над оптической осью объектива. Исследование выполнялось в положении стоя на двух ногах. Ультразвуковым датчиком прямоугольной формы, расположенным в подколенной ямке, определяли мыщелки бедренной кости (рис. 10).

Рабочая поверхность датчика устанавливалась параллельно касательной к мыщелкам бедра. Спускаясь ниже суставной щели коленного сустава, располагали датчик параллельно задней поверхности эпифиза большеберцовой кости (рис. 11).

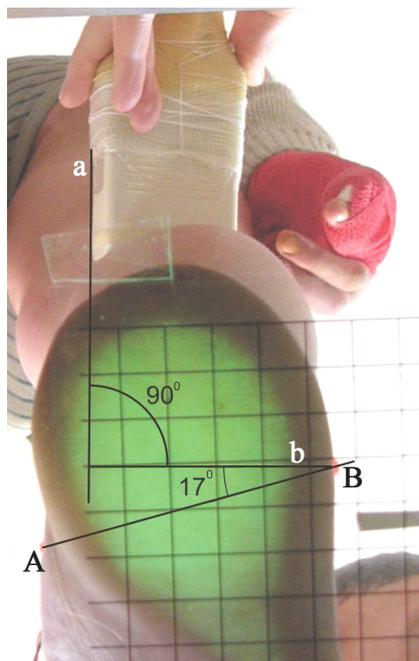
Положение датчика и светодиодов фиксируется на фотоплантограмме. Угол между линией  $b$  и отрезком АВ (рис. 12) и есть искомая величина торсии костей голени. Способ относится к методам прямого измерения торсии костей голени.



**Рис. 10. Определение расчетных линий при измерении торсии**  
**а — касательная к задней поверхности мыщелков бедер;**  
**б — та же область, определяемая методом УЗИ**



**Рис. 11. Определение расчетных линий при измерении торсии**  
**методом компьютерной томографии (а) и УЗИ (б):**  
**а — касательная к задней поверхности большеберцовой кости;**  
**б — та же область, определяемая методом УЗИ**



**Рис. 12. Методика измерения торсии костей голени: прямая  $a$  — вдоль корпуса УЗ-датчика; прямая  $b$  — перпендикуляр к прямой  $a$  (параллелен рабочей поверхности датчика). Отрезок  $AB$  — ось голеностопного сустава**

### **Тест пассивного разгибания первого пальца стопы**

Фотоплантографическая оценка теста объективизирует его, позволяет количественно оценить степень восстановления свода стопы (рис. 13).



**Рис. 13. Фотоплантографическая оценка теста пассивного разгибания первого пальца стопы**  
**1 — в положении стоя увеличена длина дистальной опоры продольного свода;**  
**2 — при пассивном разгибании первого пальца длина дистальной опоры продольного свода уменьшилась**

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИЛИ ОШИБОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

Вероятность возникновения ошибки увеличивается при несоблюдении правил и порядка выполнения исследования. Ошибки приведут к искажению опорной поверхности стопы во время исследования и ложным выводам. Чаще всего ошибки связаны с нарушением положения коленного сустава над средним отделом стопы, произвольным напряжением подошвенных мышц. Избежать данных нарушений можно при строгом соблюдении условий исследования.