

РЕАЛЬНЫЕ ПРЕДЕЛЫ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

А.Ю. Блинов¹, В.А. Конов²

¹Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства, г. Москва,

²Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Цель. Установление реальной точности измерения различных структур при проведении биометрии на современных ультразвуковых аппаратах. **Организация и методы.** Для этого проведено исследование, состоящее из 3 серий измерений. Первая серия проведена на идеальной статической эхограмме с объектом известной величины. Вторая серия – измерение идеальных объектов известной величины на ультразвуковом прецизионном фантоме. Третья серия – измерение реального объекта – длины бедренной кости плода. Полученные в процессе исследования данные обрабатывались с использованием программы Microsoft Excel 2007 с использованием функций ДИСП, СРЗНАЧ, НОРМРАСП и др. **Результаты.** Получены следующие результаты: при измерении на идеальном статическом объекте ошибка составила – 0,1 мм; при измерении статических объектов на прецизионном ультразвуковом фантоме – ошибка составила 0,2 мм; при измерении реального объекта – длины бедренной кости плода ошибка составила 0,5 мм во 2-м триместре и 1,0 мм – в 3-м триместре беременности. **Заключение.** Реальная ошибка при измерении структур проводимых на ультразвуковых диагностических приборах не может быть меньше чем 0,2–0,5 мм. Требуется с осторожностью относиться к использованию различных алгоритмов интерпретации результатов биометрии, в которых разница значений в 0,1 мм может существенно влиять на тактику ведения беременности, к примеру – на алгоритм расчёта риска возможности наличия у плода наследственных заболеваний FMF.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, биометрия, точность измерения.

История использования диагностического ультразвука как метода оценки размеров той или иной структуры уходит в 60-е годы прошлого века. Ультразвуковые диагностические установки того времени не имели ничего общего с современными ультразвуковыми диагностическими приборами, за исключением самого принципа. С помощью однокристалльного датчика на экране электронно-лучевой трубки получали изображение какой то структуры в виде пиков различной высоты – это А метод. Например, кости черепа плода давали пики большой высоты, а внутричерепные структуры значительно меньшей (рис. 1). В 1961 году Ян Дональд разрабатывает методику «слепого» измерения бипариетального размера головы плода (БПР): путём получения многократных сканов в проекции головного конца плода находили скан, в наиболь-

шей степени соответствующий бипариетальному размеру. Фиксировали полученное изображение на Polaroid. Далее, зная, что скорость распространения ультразвука составляет 1540 м/с, а используемая частота 2,5 МГц, рассчитывали величину БПР в миллиметрах. В серии измерений БПР, проведенной у 85 плодов перед родами, в 98 % удалось получить точное бипариетальное сечение. Величина средней ошибки измерения БПР составила 1 мм [1].

С тех пор прошло более 50 лет, и сегодня вместо примитивного А метода мы имеем огромное количество вариантов визуализации исследуемой области, начиная с одномерных вариантов и кончая возможностью получения объёмных изображений в самых различных вариантах обработки $\frac{3}{4}$ D (поверхностная реконструкция, псевдорентген, технология

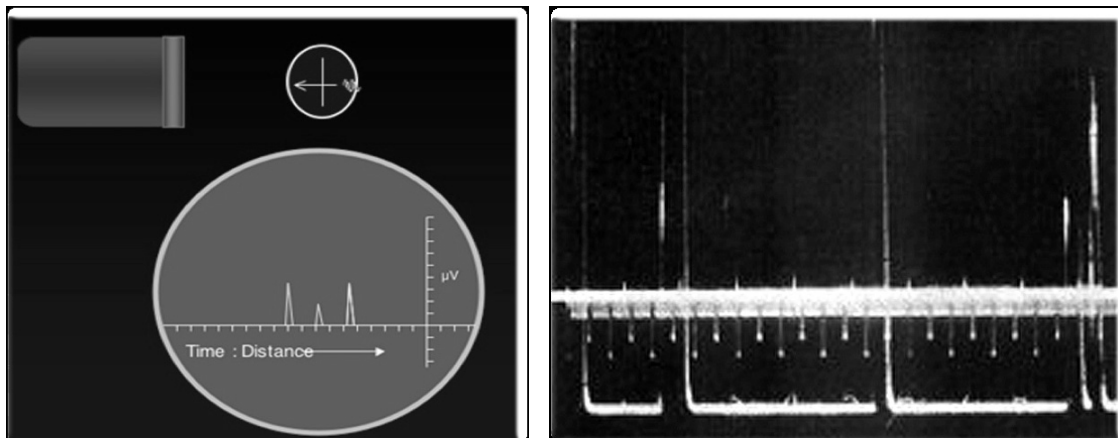


Рис. 1. А метод

Fig. 1. A-mode presentation

insertion и т. д.). Ежегодно и без того большой арсенал всевозможных методов визуализации пополняется все новыми и новыми методиками. Незыблемыми остаются лишь базовые функции ультразвуковых приборов, одной из которых остаётся возможность измерения исследуемых структур – **БИОМЕТРИЯ**. Она прочно и навсегда вошла в ультразвуковую диагностику, стала большой неотъемлемой частью любого исследования и, к сожалению, превратилась в рутину. А ведь от того, насколько корректно проведено то или иное измерение, насколько верна интерпретация полученных результатов, подчас зависит тактика, прогноз, а возможно, и жизнь пациента. Кроме того, появился целый ряд диагностических методик, основанных на измерении различных структур плода, в которых для принятия решения о норме или патологии значение имеют уже не целые, а десятые доли миллиметра. Наиболее ярким примером такой методики стала оценка величины воротникового пространства (nuchal translucency) – **ТВП** [5]. На основании величины **ТВП** разработан алгоритм оценки вероятности наличия у плода наследственных заболеваний [4, 7]. Работа алгоритма построена таким образом, что в целом ряде случаев изменение измеренной величины **ТВП** на 0,1 мм диаметрально меняет прогноз, что, в свою очередь, меняет тактику ведения беременности [6]. Иными словами, ошибка измеренной величины **ТВП** в 0,1 мм способна решить судьбу будущего ребёнка.

Естественно, возникает вопрос: насколько точно можно провести оценку величины той или иной анатомической структуры плода на современном ультразвуковом диагностиче-

ском оборудовании? Возможно ли сегодня проводить измерения различных структур с точностью 0,1 мм?

Для ответа на этот вопрос было проведено исследование, состоящее из 3 частей.

1. Серия измерений на статических идеальных изображениях объекта с известной величиной.

2. Серия измерений на идеальных объектах с известными величинами – прецизионный ультразвуковой фантом для оценки характеристик ультразвукового диагностического оборудования.

3. Серия измерений реального объекта – длины бедренной кости плода во 2-м и 3-м триместрах беременности.

Серия первая – измерения на идеальном статическом изображении объекта с известной величиной. Для получения эхограммы, соответствующей таким условиям, было получено сечение круглого объекта диаметром 2 мм на прецизионном ультразвуковом фантоме фирмы Gamtex используемом для оценки качества серошкальных изображений ультразвуковых диагностических приборов (рис. 2).

Проведена оптимизация изображения для получения максимально чётких контуров объекта, и после того, как получено адекватное увеличение, эхограмма зафиксирована. Далее она помещена в среду ТТЕ, где и проводилось измерение идеального объекта – по 100 измерений, выполненных 10 врачами (рис. 3) [2]. ТТЕ, это программная система, предназначенная для обучения врачей УЗИ и позволяющая имитировать работу аппарата. С помощью программы можно делать измерения

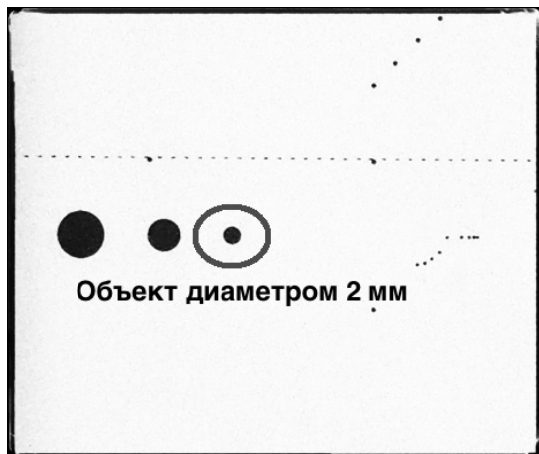


Рис. 2. Объект диаметром 2 мм на ультразвуковом фантоме фирмы Gammex
Fig. 2. Object 2 mm in diameter on Gammex Ultrasound Phantom

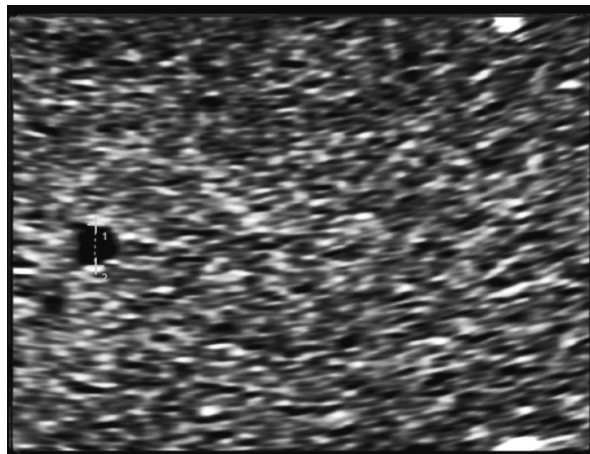


Рис. 3. Измерение в системе TTE
Fig. 3. TTE ultrasound image

на снимках, полученных с реального аппарата. Измерения, выполненные врачами в этой серии, демонстрируют только способность специалиста максимально корректно расположить калиперы на границе раздела акустической среды. Навыки получения правильного сечения, оптимизации изображения и т. д. в этой серии не требуются.

Серия вторая – измерения на идеальном объекте – прецизионный ультразвуковой фантом для оценки характеристик ультразвукового диагностического оборудования. В этой серии врач должен был самостоятельно полу-

чить наиболее правильное сечение измеряемых объектов. Далее провести настройку параметров изображения для получения максимально чёткой границы раздела акустических сред. Кроме того, требовалось получить оптимальное увеличение измеряемых структур для наиболее корректного их измерения. Иными словами, в этой серии врачи должны были продемонстрировать свои профессиональные навыки по настройке прибора, получению правильного сечения и адекватного увеличения. В качестве примера на рис. 4 показано начальное качество изображения изме-



Рис. 4. Изображения измеряемых объектов
Fig. 4. Images of the objects under measurement

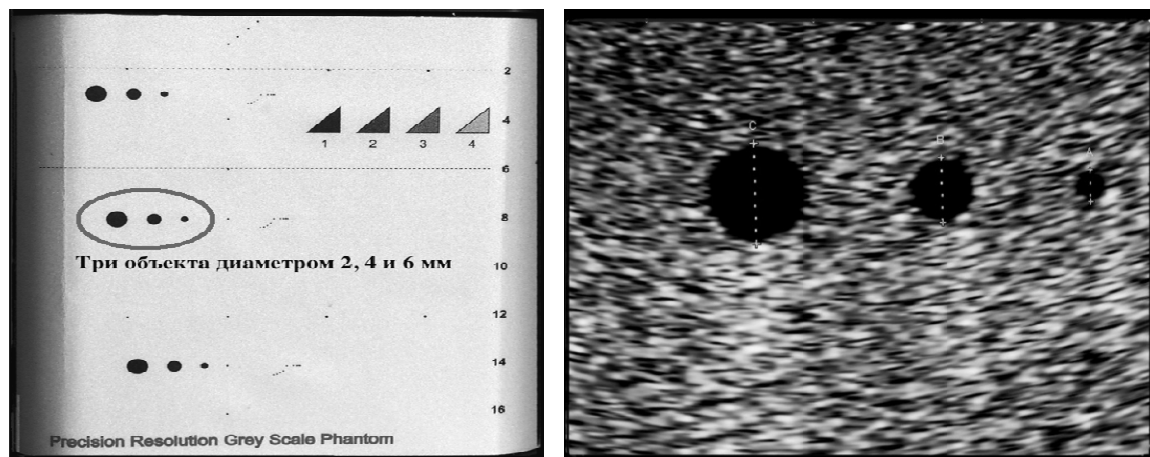


Рис. 5. Фантом фирмы Gammex
Fig. 5. Gammex Phantom

ряемых объектов. При этом измеряемые объекты неподвижны и имеют идеальные акустические свойства, что существенно упрощало задачу.

Выполнено 1500 измерений 3 объектов диаметром 2, 4 и 6 мм на прецизионном фантоме фирмы Gammex, используемом для оценки качества серошкальных изображений ультразвуковых диагностических приборов (рис. 5).

Серия третья – измерения реального объекта – длины бедренной кости плода во 2-м и 3-м триместрах беременности. В этой серии от врача требовалось проявление всех профессиональных навыков – получение корректного сечения измеряемого объекта, правильной настройки оборудования для получения чёткой границы раздела акустических сред, адекватного увеличения и точного рас-

положения калиперов на максимально удалённых точках измеряемого объекта (рис. 6). Выполнено по 100 измерений длины бедренной кости плода во 2-м и 3-м триместрах беременности соответственно.

Математическая обработка результатов трёх серий проведена в среде Microsoft Excel 2007. Вычислены средние значения и дисперсия для всех трех серий. Построены графики зависимости вероятности ошибки и определены доверительные интервалы.

В результате анализа обработанных данных получены следующие результаты.

1. В первой серии при измерении объекта диаметром 2 мм средняя ошибка составила 0,1 мм.

2. Во 2-й серии средняя ошибка при измерении объектов диаметром 2, 4 и 6 мм составила 0,2 мм.

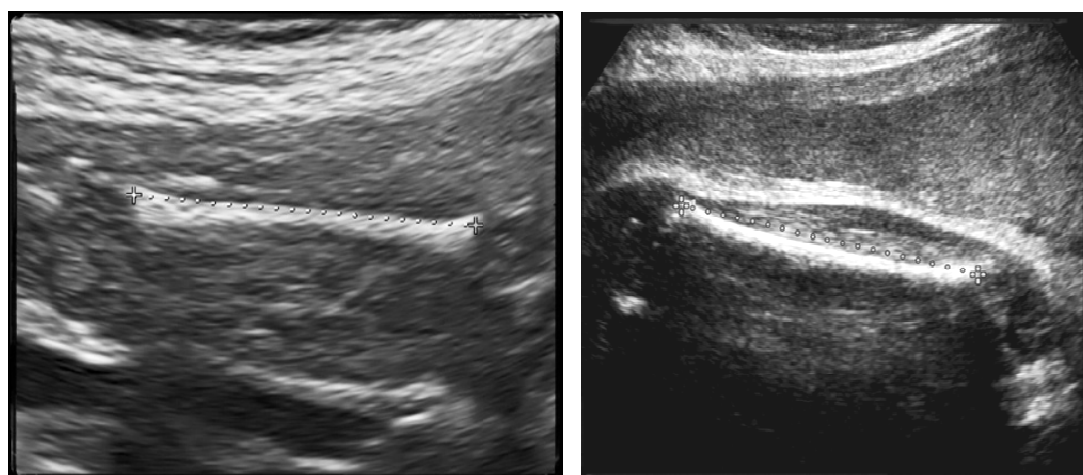


Рис. 6. Измерение бедренной кости
Fig. 6. Femur bone measurement

Прикладные исследования

3. В третьей серии при измерении длины бедренной кости плода во 2-м триместре ошибка составила 0,5 мм, при измерении длины бедренной кости в 3-м триместре – 1 мм.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы.

- Добиться точности измерения в 0,1 мм можно только в том случае, когда требуется только правильно расположить калиперы на статическом идеальном изображении – т. е. если имеется идеальная эхограмма, когда то кем то полученная с максимально чёткими границами раздела акустических сред, и не требуется ни получения правильного сечения объекта, ни проведения оптимизации изображения и адекватного увеличения.

- Как только возникает необходимость самостоятельного получения нужного сечения, настройки параметров ультразвукового прибора и правильного увеличения, т. е. требуется демонстрация профессиональных навыков, ошибка измерения возрастает до 0,2 мм даже на неподвижном объекте с идеальными акустическими свойствами – например, прецизионный ультразвуковой фантом.

- В том же случае, когда речь идёт об измерениях реального объекта, например, длина бедренной кости плода (самый простой для измерения объект применительно к исследованию плода), ошибка возрастает до 0,5 мм во 2-м триместре и до 1 мм – в 3-м триместре.

Погрешность измерения реальных структур плода складывается из большого количества объективных (операторонезависимых) и субъективных (операторозависимых) факторов. К объективным (операторонезависимым) факторам можно отнести разную звукопрово-

димось, связанную как с этническими и конституциональными особенностями конкретной пациентки, так и с наличием спаечного процесса, рубцовыми изменениями, фенотипическими параметрами топографической анатомии. Сюда же можно отнести особенности положения плода, количество околоплодных вод, локализацию плаценты и много других факторов, в той или иной степени объективно влияющих на качество ультразвукового изображения какого-либо измеряемого объекта. К этим же факторам нужно отнести и внутреннюю погрешность самого прибора, допустимая погрешность измерения которого составляет 1-2 мм, что отражено в инструкциях (см. таблицу).

К субъективным (операторозависимым) факторам относится квалификационный уровень конкретного специалиста, его профессиональный навык, знание устройства ультразвукового прибора и всех его функций, а также и способность оптимизировать настройки под каждого конкретного пациента, знание и умение получать корректные сечения того или иного измеряемого объекта. Результаты проведённого исследования показывают, что точность измерения, составляющую 0,1 мм, можно получить только тогда, когда от специалиста требуется только правильно расположить калиперы на идеальном статическом объекте с чёткой границей раздела акустической среды (влияние как объективных, так и субъективных факторов практически отсутствует). Как только в процесс измерения начинают вмешиваться операторонезависимые, а особенно операторозависимые факторы, точность измерения падает. Чем больше факторов, тем, естественно, больше ошибка. Анало-

Внутренняя погрешность прибора
Intra-instrument reliability

Измерение Measurement	Допуски (в зависимости от большего значения) Tolerance (according to the larger value)	Тест-методы Testing methods
Продольное расстояние Longitudinal distance	< ± 4 % или 2 мм < ± 4 % or 2 mm	Фантом Phantom
Поперечное расстояние Crossing distance	< ± 4 % или 2 мм < ± 4 % or 2 mm	Фантом Phantom
Продольное разрешение: Longitudinal resolution:	< ± 4 % или 3 мм < ± 4 % or 3 mm	Фантом Phantom
Поперечное расстояние Crossing distance	< ± 4 % или 3 мм < ± 4 % or 3 mm	Фантом Phantom

гичные данные получены группой английских исследователей, проводивших измерения на ультразвуковом фантоме и на статических эхограммах [3].

Вывод: реальные пределы точности измерений различных структур при использовании современных ультразвуковых диагностических приборов при самых благоприятных обстоятельствах не могут быть меньше, чем 0,2–0,5 мм.

Требуется с осторожностью относиться к использованию различных алгоритмов интерпретации результатов биометрии, в которых разница значений в 0,1 мм может существенно влиять на тактику ведения беременности, к примеру, алгоритм расчёта риска возможности наличия у плода наследственных заболеваний FMF.

Литература

1. История развития диагностического ультразвука в акушерстве и гинекологии. – <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>.
2. Пат. 2405440 Российская Федерация.

Блинов Александр Юрьевич, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры ультразвуковой и пренатальной диагностики, Институт повышения квалификации федерального медико-биологического агентства, г. Москва, jax99959@mail.ru.

Конов Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, konov_v_a@bk.ru.

Поступила в редакцию 3 ноября 2015 г.

DOI: 10.14529/hsm160109

THE REAL LIMITS OF ACCURACY OF MEASUREMENTS OF VARIOUS STRUCTURES USING MODERN ULTRASOUND DIAGNOSTIC EQUIPMENT

A.Yu. Blinov¹, jax99959@mail.ru,
V.A. Konov², konov_v_a@bk.ru

¹Institute for Advanced Studies of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation,

²South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The purpose of the study is to establish real measurement accuracy for various structures during the biometrics on modern ultrasound equipment. **Organization and Methods.** Three series of measurements were conducted. The first one was done on a perfect static sonogram with an object of known value. The second series was the measurement of ideal objects of known value on the precision ultrasonic phantom. The third series involved

measurement of a real object – fetal femur length. The data obtained in the course of the study was processed in Microsoft Excel 2007 with functions VAR, AVERAGE, NORMDIST, and others. **Results.** The following results were obtained: for the measurements on the ideal static objects the error was 0.1 mm; for the measurements of static objects on the precision ultrasonic phantom the error was 0.2 mm; for the measurements of the real object – the fetal femur length was 0.5 mm in the 2nd trimester and 1.0 mm in the 3rd trimester of pregnancy. **Conclusion.** The real error in the measurements of structures performed on ultrasonic diagnostic devices cannot be less than 0.2–0.5 mm. It is necessary to be cautious while applying of various algorithms for interpretation of biometrics results, in which the difference in values of 0.1 mm can significantly influence the tactics of pregnancy assessment and observation, for example – the algorithm for calculating risks of FFM fetal chromosomal abnormalities.

Keywords: *ultrasound diagnosis, biometrics, accuracy.*

References

1. *Istoriya razvitiya diagnosticheskogo ul'trazvuka v akusherstve i ginekologii* [History of Development of Diagnostic Ultrasound in Obstetrics and Gynecology]. Available at: <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>.
2. Blinov A.Yu., Konov V.A. *Sposob professional'noy podgotovki spetsialistov v oblasti ul'trazvukovoy i/ili luchevoy diagnostiki* [The Method of Professional Training in the Field of Ultrasound and / or Radiation Diagnosis]. Patent RF, no. 2405440, 2010.
3. Axell R., Lynch C., Chudleigh T., Bradshaw L., Mangat J., Whiite P., Lees C. Clinical Implications of Machine-Probe Combinations on Obstetric Ultrasound Measurements Used in Pregnancy Dating. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2012, vol. 40, pp. 194–199. DOI: 10.1002/uog.11081
4. Nicolaides K.H. *The 11-13+6 Weeks Scan*. Fetal Medicine Foundation. London, 2004. 112 p.
5. Szabó J., Gellén J. Nuchal Fluid Accumulation in Trisomy 21 Detected by Vaginosonography in First Trimester. *Lancet.* 1990, no. 3, 1133 p.
6. The Fetal Medicine Foundation. Available at: <https://fetalmedicine.org>.
7. Snijders R.J., Noble P., Sebire N., Souka A., Nicolaides K.H. UK Multicentre Project on Assessment of Risk in Trisomy 21 by Maternal Age and Fetal Nuchal Translucency Thickness at 10–14 Weeks of Gestation. *Lancet.* 1998, vol. 351, pp. 343–346. DOI: 10.1016/S0140-6736(97)11280-6

Received 3 November 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Блинов, А.Ю. Реальные пределы точности измерений различных структур при использовании современных ультразвуковых диагностических приборов / А.Ю. Блинов, В.А. Конов // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 56–62. DOI: 10.14529/hsm160109

FOR CITATION

Blinov A.Yu., Konov V.A. The Real Limits of Accuracy of Measurements of Various Structures Using Modern Ultrasound Diagnostic Equipment. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 56–62. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160109