

УДК 534.6.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПЛОД В УТРОБЕ МАТЕРИ

© 2011 г.

В.А. Антонец¹, В.В. Казаков¹, Д.А. Савинов²

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

²Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород

ava@nant.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Известно, что ребенок, находящийся в утробе, начиная с определенного возраста слышит голос матери и реагирует на него. В результате последних исследований внутриутробного развития человеческих эмбрионов были выявлены новые возможности для поддержки развития малыша до его рождения, основанные на звуковом общении матери с ребенком. Известны также многочисленные попытки доставки в утробу внешних звуков – музыки, голоса матери, зарегистрированного звукозаписывающим устройством, голосов сторонних людей и др. – с целью оценки их влияния на пре- и постнатальное психологическое развитие ребенка. При этом обычно параметры звуковых сигналов не нормируют и не измеряют, что может быть опасным для плода, а также затруднять оценку их когнитивного влияния. Настоящее исследование направлено на создание прибора, благодаря которому будет обеспечена доставка содержательных акустических сигналов с нормированными физическими характеристиками.

Ключевые слова: внутриутробное развитие, звуковые поля.

Введение

Виброакустические поля в тканях человеческого тела возникают в силу действия множества разнообразных источников. Так, вследствие работы сердечно-сосудистой системы возникают общие и локальные колебания тела, регистрируемые в форме баллисто-, сейсмо- и фонокардиограмм [1]. Шумы генерируются в бронхах при дыхании [2] и в суставах при движении [3]. Поперечно-полосатые мышцы, например скелетные, генерируют низкочастотный акустический шум при статическом напряжении [4]. Благодаря тканевой проводимости в теле распространяются вибрации при воспроизведении речи. Вибрации в тканях тела возникают и вследствие взаимодействия нижних конечностей с опорной поверхностью при ходьбе, а также при использовании транспортных средств. Все это приводит к возникновению звукового фона в утробе матери.

Не может быть исключен и механизм генерации слышимого звука при ультразвуковом диагностическом исследовании (УЗИ) за счет нелинейных акустических свойств тканей, приводящих к самодетектированию ультразвуковых импульсов [5]. При этом на основе контроля двигательной активности плода достоверно установлено, что он реагирует и на процедуру ультразвуко-

вого диагностического обследования.

Достоверно известно, что с определенного момента развития плод реагирует на звуки голоса матери и музыку [6]. В результате последних исследований внутриутробного развития человеческих эмбрионов были выявлены новые возможности для поддержки развития малыша до его рождения, основанные на звуковом общении матери с ребенком. Для еще не родившихся малышей за рубежом и в России разработаны различные легальные программы родового обучения. Благодаря этому после рождения дети привыкают к окружающему миру гораздо быстрее и более эффективно развиваются в нем. Известны также многочисленные попытки доставки в утробу внешних звуков – музыки, голоса матери, зарегистрированного звукозаписывающим устройством, голосов сторонних людей и др. – с целью оценки их влияния на пре- и постнатальное психологическое развитие ребенка. При этом обычно параметры звуковых сигналов не нормируют и не измеряют, что может быть опасным для плода, а также затруднять оценку их когнитивного влияния. Настоящее исследование направлено на создание прибора, благодаря которому будет обеспечена доставка содержательных акустических сигналов с нормированными физическими характеристиками.

Неинвазивный метод измерения

Можно только удивляться, что в такой ситуации до настоящего времени детальные исследования звуковых полей в утробе матери не проводились. Возможно, это связано с ошибочным представлением о том, что для таких исследований необходимо размещать приемник звука в матке, что, конечно, является неприемлемым для широкого круга ситуаций и для долгосрочного мониторинга. Тем не менее фрагментарно подобные измерения проведены в ряде стран.

В действительности же такие измерения, по видимому, могут быть выполнены при размещении приемника звука на поверхности тела матери. Этому способствуют два обстоятельства. Во-первых, в диапазоне частот до 1000–1500 Гц матка с плодом могут рассматриваться как водоподобный объект, размер которого существенно меньше длины акустической волны ($\lambda > 1$ м). Внутри такого объекта переменное давление имеет однородное пространственное распределение. Во-вторых, если на мягкой поверхности этого объекта (на поверхности живота матери) поместить небольшой грузик, например акселерометр, то образуется колебательная система с некоторой резонансной частотой f_0 . В такой системе на частотах выше $3f_0$ амплитуды переменного перемещения корпуса акселерометра и силы, действующей на грузик со стороны тканей, с точностью до постоянного множителя и погрешностью не хуже 10% совпадают друг с другом и, следовательно, с амплитудой давления поверхности живота на дно акселерометра. Для цилиндрического грузика массой 30 граммов и диаметром 30 миллиметров оценки дают значение $3f_0$ не выше 60–100 Гц. В таком случае в этом диапазоне частот с помощью акселерометра, размещенного на поверхности живота матери, можно будет совершенно безболезненно с приемлемой точностью измерять давление звуковых полей, возникающих в утробе по перечисленным выше механизмам.

Верификация методики оценки амплитудно-спектральных характеристик давления в утробе

Для изучения связи между амплитудно-частотными характеристиками звуков голоса матери

и переменного давления в утробе, которое оценивается по уровню вибраций поверхности живота матери, сопровождающих вокальные акты, использован макет утробы, представляющий собой целиком заполненную (без воздушных пузырей) водой замкнутую мягкую оболочку. На ее поверхности с помощью электромагнитного поршневого вибратора возбуждались локальные колебания с регулируемой частотой и амплитудой. На поверхности оболочки был размещен акселерометр массой 24 грамма и диаметром контактной поверхности 30 миллиметров, имеющий (с погрешностью не выше 10%) фиксированный коэффициент преобразования (порядка 3 мВ/м·с²) в диапазоне частот до 1 кГц. Давление, возникающее внутри оболочки при ее возбуждении, регистрировалось помещенным внутрь гидрофоном, также имевшим постоянный коэффициент преобразования в интересующей нас полосе частот.

Полученные результаты подтвердили возможность использования акселерометра для оценки внутриутробного давления, что позволяет использовать его для мониторинга характеристик звуковых полей, возникающих вследствие функционирования физиологических систем матери, проведения диагностических процедур, в частности УЗИ, а также для нормирования уровня звуков, доставляемых извне.

Список литературы

1. Антонец В.А., Казаков В.В., Анишкина Н.М. // Методы измерения механических колебаний, вызванных работой физиологических систем человека: Учеб. пособие. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000.
2. Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Костин А.Е. и др. // Приборы и техника эксперимента. 2008. №2. С. 147–154.
3. Антонец В.А. Вибрационная диагностика в медицинских и биологических задачах // Акустический журнал. 1991. Т. XXXY. С. 1118.
4. Антонец В.А., Грибков А.Л., Шестернин М.Е. Исследование акустических шумов напряженной мышцы // Биофизика. 2000. Т. 4, вып. 6. С. 1125–1130.
5. Мансфельд А.Д., Соколов А.В., Волков Г.П. Самодетектирование акустических импульсов в ближней зоне акустического излучателя // Акустический журнал (в печати).
6. Logan B. Fetal Sonic Stimulation. The Royal College of General Practitioners Official Reference Book. London, 1995.

INVESTIGATION OF ACOUSTIC FIELDS ACTING ON THE FETUS IN THE MOTHER'S BELLY*V.A. Antonets, V.V. Kazakov, D.A. Savinov*

It is known that a baby in the mother's belly hears the voice of the mother and reacts to it. The latest investigations on antenatal development of human embryos revealed new possibilities for sustaining the development of a baby prior to its birth based on sound communication of the mother with her baby. Numerous attempts have been made to deliver external sounds, namely music, the mother's voice registered using recorders, voices of strangers, etc., with an aim to evaluate their effect on pre- and postnatal psychological development of a baby. In this case, the parameters of acoustic signals are usually not normalized and not measured that can be dangerous for the fetus and hinder the estimation of their cognitive effect. This work is aimed at developing a device ensuring the delivery of informative acoustic signals with normalized physical characteristics.

Keywords: antenatal development, acoustic fields.