

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пономарчук Екатерины Максимовны
«Механическое разрушение биологических тканей в фокусированных
импульсно-периодических ударноволновых полях»,
представленной на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика

Диссертационная работа Е.М. Пономарчук посвящена изучению проблем, возникающих при механическом разрушении биологических тканей фокусированным ультразвуком высокой интенсивности (HIFU) в режиме импульсно-периодического ударноволнового воздействия. Актуальность и вместе с тем новизна работы состоят в том, что предметом исследования является не хорошо изученное и давно известное тепловое действие HIFU при использовании относительно больших длительностей воздействия, а его применение в режиме механического воздействия короткими импульсами высокой интенсивности с образованием ударных волн. Подобный режим воздействия, названный гистотрипсией, стал изучаться, а затем и применяться на практике лишь в последние десятилетия, а всего несколько лет назад рядом учёных и прежде всего научным руководителем диссертанта В.А. Хохловой была предложена чрезвычайно эффективная и перспективная модификация этого режима, названная гистотрипсией с кипением (ГК). Суть этого подхода основана на использовании импульсов миллисекундной длительности, излучаемых в определённой последовательности, что позволяет в итоге избежать теплового воздействия на ткани и, как следствие, теплового некроза. Кроме прочих достоинств, этот метод позволяет заменить дорогостоящий и не всегда доступный МРТ-контроль за результатами воздействия на более простое ультразвуковое исследование. Вместе с тем в этом недавно разработанном методе ещё имеется немало недостаточно исследованных аспектов.

Диссертация Е.М. Пономарчук посвящена именно такому исследованию. В ней исследованы акустические поля ряда фазированных решёток с разными параметрами и различной геометрией и изучены эффекты механического разрушения в режиме ГК тканей с различной жёсткостью (от гематомы до тканей простаты и миокарда), а также взаимосвязь эффективности и скорости разрушения со свойствами этих тканей.

В частности, проведен широкий ряд теоретических и численных исследований, рассматривающих, как меняется амплитуда ударного фронта при перемещении фокуса вдоль оси пучка с помощью решёток с разными углами

фокусировки и показано, что геометрический способ регулировки последних позволяет лучше избегать формирования побочных максимумов и возможных ударных волн в них по сравнению с электронным способом. Этот и другие результаты численных исследований, реализованных в работе Е.М. Пономарчук, имеют как практическую важность при использовании ударноволновых режимов HIFU-решеток, так и теоретическую ценность в области нелинейной акустики.

С помощью ультраструктурного анализа показано, что ГК позволяет разбивать гематомы на фрагменты менее 0.2 мм, что гарантирует возможность их аспирации. Показана возможность применения ГК для разрушения доброкачественных и злокачественных тканей простаты, при этом скорость разрушения при использовании коротких импульсов (1-2 мс) и достаточной амплитуде ударного фронта в фокусе оказалась выше, чем для более длинных импульсов (5-10 мс). Предложена концепция механической дозы и показано, например, что для разрушения тканей средней жёсткости (печени и миокарда) эта доза в 3 раза меньше, чем для тканей простаты, причём короткие импульсы снова более эффективны. В то же время более длинные импульсы лучше разрушают ткани с высоким содержанием коллагена. Проведены также исследования в области повышения безопасности метода. Этот неполный перечень полученных результатов свидетельствует о том, что работа Е.М. Пономарчук вносит существенный вклад в научное обоснование метода гистотрипсии с кипением и его предстоящее клиническое использование. Таким образом, практическая ценность работы не вызывает сомнений.

Поражает способность автора суметь организовать и провести исследования на значительном материале биологических тканей, в том числе и злокачественных, и выполнить эксперименты на весьма непростых установках с использованием различных многоэлементных фазированных решёток, мощных ультразвуковых генераторов, разнообразной контрольно-измерительной аппаратуры и т.д. Гистологические, цитологические и ультраструктурные исследования проводились в сотрудничестве со специалистами из многих медицинских и биологических учреждений, в том числе и зарубежных. На мой взгляд, это свидетельствует о незаурядных организационных способностях Е.М. Пономарчук.

Результаты работы опубликованы в ряде известных, в том числе высокорейтинговых журналов, и докладывались на многих международных и отечественных конференциях. Аспекты, связанные с личным вкладом автора, в автореферате пояснены. Текст автореферата написан отлично, на высоком научном уровне и хорошо проиллюстрирован.

В целом, судя по автореферату, диссертация Е.М. Пономарчук является законченным научным исследованием, вносящим существенный вклад в физическую и медицинскую акустику. Считаю, что работа соответствует специальности 1.3.7. Акустика и требованиям, определённым пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор — Пономарчук Екатерина Максимовна — заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

Главный научный сотрудник АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева», д.т.н.
(шифр научной специальности 01.04.06 — акустика)

_____ Гаврилов Л.Р.
подпись, дата

Данные об авторе отзыва:

Гаврилов Леонид Рафаилович, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела медицинской и биологической акустики АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева».

Адрес: 117292, г. Москва, ул. Шверника, д. 4.

Контакты: e-mail: _____ тел.: +7 (499) 126-74-01.

Я, Гаврилов Леонид Рафаилович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.013.6, и их дальнейшую обработку

подпись, дата

Подпись Гаврилова Леонида Рафаиловича удостоверяю:
Начальник отдела кадров АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева»

С.А. Золотарёва