**Ваш образ сердца. В Екатеринбурге разрабатывают персонифицированную математическую модель миокарда**

**Коллектив, который возглавлял тогда член-корреспондент РАН Владимир Мархасин, выиграл грант РНФ.**

 21 марта 2016

**метки:**

[СМИ о Фонде и грантополучателях](http://xn--m1afn.xn--p1ai/ru/%D1%81%D0%BC%D0%B8)

**источник:**

[Газета "Поиск"](http://www.poisknews.ru/theme/innovation/18029/)

[](http://рнф.рф/sites/default/files/styles/banner/public/field/image/17.2.jpg?itok=KxQA9pC-)На фото: Ольга Соловьева.

***Несмотря на беспрецедентное совершенствование средств компьютерной диагностики, благодаря которым человека можно просканировать с головы до пят на всех уровнях, включая молекулярный, врач и сегодня не всегда ставит правильный диагноз и способен предсказать сценарий развития заболевания конкретного пациента. Поэтому так актуальна разработка персонифицированных, ориентированных на пациента, интегративных математических и компьютерных моделей физиологических систем. Особенно при сердечно-сосудистой патологии из-за сложности структуры сердца и многочисленности параметров, определяющих его функции.***

***“Персонифицированные математические модели в кардиологии” - так называется проект Российского научного фонда, для исполнения которого в 2014 году в Уральском федеральном университете была создана лаборатория математического моделирования в физиологии и медицине с использованием суперкомпьютерных технологий. Участниками проекта стали также сотрудники Института иммунологии и физиологии и Института математики и механики Уральского отделения РАН, Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева и Свердловской областной клинической больницы №1, Института механики МГУ и Гентского университета (Бельгия). В этом мультидисциплинарном исследовании заняты специалисты в области физиологии и медицины, биофизики и биомеханики, математики и компьютерных наук.***

**Трудности моделирования**

Об истоках нынешнего проекта, его ходе и конечных целях мы поговорили с доктором физико-математических наук Ольгой Соловьевой, руководителем уже упомянутой инновационной лаборатории УФУ.

***- Два года назад ваш коллектив, который возглавлял тогда член-корреспондент РАН Владимир Мархасин, выиграл грант РНФ. Очевидно, это удалось не только в силу исключительной актуальности темы, но и благодаря опыту изучения и моделирования миокарда?***

- Конечно. Еще в 1980-е годы работы по моделированию электрической и механической функции сердца на молекулярно-клеточном и тканевом уровнях были инициированы Валерием Изаковым и Владимиром Мархасиным совместно с группой уральских кардиофизиологов и математиков, а позже под руководством Владимира Семеновича продолжены в Институте иммунологии и физиологии УрО РАН. Совместно с группой британского физиолога, основателя международного проекта “Физиом” Дениса Нобла была создана модель электромеханического сопряжения в кардиомиоците желудочка. Дело продолжили и в рамках проекта “Виртуальное сердце”, поддержанного Президиумом УрО РАН.

***- Моделированием сердечной мышцы активно занимаются ученые в США, Великобритании, Новой Зеландии, Японии, Китае. В чем особенность вашего проекта?***

- В разных странах, в том числе и в России, наибольшие успехи достигнуты в построении электрофизиологических моделей сердца в норме и при патологии, которые широко внедряются в клиническую практику. Например, на основе компьютерных моделей в НЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева создан аппаратно-программный комплекс “АМИКАРД” для определения источников нарушения сердечного ритма и их купирования.

Гораздо менее разработаны модели механической функции сердца, а тем более модели, в которых интегрируются электрические и механические процессы на клеточном и тканевом уровнях, учитываются прямые и обратные связи между ними. И еще один важнейший момент. Дело в том, что миокард - это анизотропная среда, где электрический сигнал распространяется в разных направлениях неодинаково, с разной скоростью, и зависит это от хода волокон сердечной мышцы. Активный механический сигнал также формируется и действует вдоль этих волокон. Поэтому для построения реалистичной модели мало знать геометрию камер сердца, важно представлять, как расположены волокна в их стенках.

В частности, в рамках проекта “Виртуальное сердце” мы разработали базовые модели **электрической и механической функций сердечной клетки, ткани, тонкой архитектоники стенок левого желудочка. Это так называемые “популяционные”, идеализированные модели, которые описывают некоторое усредненное для популяции (животных или человека) поведение сердца как органа. Но эта модель “безликая”. В рамках нынешнего проекта перед нами стоит задача адаптировать популяционную модель к конкретному пациенту с учетом индивидуальных параметров его сердечно-сосудистой системы и особенностей течения его заболевания.**

***- А на выходе вы предполагаете получить...***

- **...интегративную трехмерную модель левого желудочка, сопряженную с упрощенной моделью сосудистой системы.** Далее эта модель персонифицируется на основе данных о функциональной геометрии, электрофизиологии и механике левого желудочка конкретного пациента и подвергается специальным тестовым испытаниям, которые позволят объективно оценить функциональные возможности левого желудочка и получить прогноз нарушений его механической и электрической функций.

**В клинике все начинается**

Данные для построения математических моделей ученым предоставляют сотрудники Областной клинической больницы №1 Екатеринбурга, Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева столицы и других медицинских учреждений. Кардиологи и кардиохирурги проводят отбор пациентов с различными аномалиями геометрии и функции сердца. Есть и референтная группа “нормальных сердец”. Изображения миокарда получают методами магниторезонансной томографии, компьютерной томографии и эхокардиографии (УЗИ). У пациентов и здоровых людей определяют основные показатели геометрии левого желудочка в течение сократительного цикла: линейные размеры, толщину стенки, индексы формы (сферичность, коничность, индекс Фурье) и другие. Современные методы исследования сердечно-сосудистой системы позволяют получить информацию о молекулярных механизмах возникновения болезни и структурных изменениях сердца и сосудов у больных с аритмиями и сердечной недостаточностью, клапанными и сосудистыми заболеваниями. Все эти показатели затем используются в качестве входных параметров 3D-модели.

Компьютерной обработкой изображений сердца и построением на их основе трехмерной математической модели миокарда занимаются специалисты Института математики и механики УрО РАН - сотрудники отдела вычислительной техники, которым заведует кандидат технических наук Андрей Созыкин, и сектора математического моделирования в кардиологии во главе с кандидатом физико-математических наук Сергеем Правдиным. Картинки с УЗИ, полученные в клинике, не всегда четкие, и их обработка - дело трудоемкое. Но это только первый этап. Компьютерная модель сердца - это сетки, состоящие из сотен тысяч элементов, и работа с ними требует больших вычислительных мощностей. В Институте математики и механики УрО РАН это делается на суперкомпьютере “УРАН”.

По словам Сергея Правдина, самое трудное - создать такую модель левого желудочка миокарда человека, чтобы ее можно было легко “подогнать” к сердцу конкретного пациента.

- Наша группа специализируется на моделировании электрической функции миокарда, - говорит Правдин. - В частности, в рамках проекта под руководством профессора Александра Панфилова изучаем на уровне клетки ткани и органа динамику трехмерных вихрей электрического возбуждения в миокарде, возникающих при аритмии. Благодаря компьютерному моделированию врач может видеть на экране монитора, как эти вихри формируются и распадаются и какие факторы этому способствуют.

**...и в клинику возвращается**

О том, насколько необходима сегодня доктору виртуальная модель сердечно-сосудистой системы больного, нам рассказал заведующий отделением хирургического лечения нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции Свердловской областной клинической больницы №1, заслуженный врач РФ, кандидат медицинских наук Сергей Михайлов, также участник проекта:

- Мост между учеными-кардиофизиологами и нами, клиницистами, возник благодаря творческой дружбе Владимира Семеновича Мархасина и руководителя кардиохирургической клиники ОКБ №1 Милослава Станиславовича Савичевского, к сожалению, ушедших из жизни. Для нас главное - изучение механизмов сердечной недостаточности. Не важно, чем она вызвана - пороками сердца, артериальной гипертензией, миокардитом или инфарктом миокарда, результат всегда один - снижение насосной функции сердца. Это может быть связано с нарушением проведения электрического сигнала в камерах сердца. Например, один желудочек сокращается, а другой еще нет, или задержка происходит при проведении сигнала от предсердия к желудочку. Чтобы добиться улучшения насосной функции, мы применяем ресинхронизирующую терапию, или, проще говоря, имплантируем трехкамерные электрокардиостимуляторы. Очень важно разместить их электроды правильно, а “вслепую” сделать это трудно. Вот почему так нужна виртуальная модель - на ней мы можем проигрывать разные сценарии развития сердечной недостаточности, изучать резерв насосной функции сердца пациента, отрабатывать технологии установки кардиостимуляторов, оценивать эффект лечения и возможные риски.

В персонифицированной модели сердечно-сосудистой системы на молекулярно-клеточном уровне можно также исследовать действие лекарственных препаратов. А в случае инфаркта миокарда модель поможет выбрать оптимальные варианты хирургического вмешательства.

Сегодня, когда сердечно-сосудистая патология на первом месте среди причин смертности, а хронической сердечной недостаточностью страдают десятки миллионов людей, российские ученые и клиницисты успешно работают на преодоление этой печальной статистики.