

РЕЦЕНЗИЯ III

на статью С.Н. Багаева, В.Н. Захарова, В.А. Орлова

«ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ЯВЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

Научный отдел Института физиологии 27.09.11 передал мне настоящую рукопись с просьбой быстро дать на нее отзыв, ссылаясь на такую же просьбу редакции журнала «Атеросклероз». Я согласилась бегло просмотреть эту работу, используя свои знания, полученные при оппонировании кандидатской диссертации Р.И. Кирсанова «Допплерографическая регистрация и основные закономерности винтового движения крови в артериях у человека» (защита в совете нашего Института в 2009 г.), многолетний собственный экспериментальный опыт, касающийся в основном микроциркуляторного русла (наша монография «Архитектоника кровеносного русла». Новосибирск: Наука, 1982. 183 с. и последующие журнальные статьи на эту тему) и общие знания о механизмах движения крови в сердечно-сосудистой системе (ССС), в частности, основательно изложенные в переводной монографии К. Каро и др. «Механика кровообращения». М.: Мир, 1981. 624 с.

К сожалению, в статье отсутствует краткий анализ современного состояния знаний относительно обсуждаемых в ней тем. В частности, нет анализа публикаций о реологии потоков крови в СССР и о структуре бифуркаций в разных отделах кровеносного русла и расчетах, описывающих гемодинамические параметры в них.

Основное утверждение авторов об универсальности «закрученного потока биологических сред в транспортных системах» принять трудно. Безусловно, такой поток существует в мышечных трубках (кишечник, различные выводящие протоки), в которых перистальтические сокращения стенки создают давление, обеспечивающее направленное движение содержимого трубки. Такой тип транспорта субстрата эволюционно наиболее ранний, и, возможно, он использовался в примитивной открытой СССР, в том числе в трубчатом сердце. Думаю, что все авторские расчеты, характеризующие поток в таких трубках, интересны.

Элементы винтовой формы потока, возможно, проявляются в сердце в период систолы и у современных позвоночных, в том числе у человека. Однако фактов, подтверждающих это явление, в том числе литературных, авторы не приводят, кроме качественного анатомического описания сердечных полостей.

Теперь о винтовом потоке в кровеносных сосудах. Судя по диссертации Р.И. Кирсанова, публикации о таком потоке, в основном в аорте человека, появлялись в журналах, начиная с 1987 г. Среди первых исследователей, описавших это явление, был В.Н. Захаров. Однако наиболее полное исследование на эту тему было проведено в 2009 г. в лаборатории В.П. Куликова Р.И. Кирсановым (Барнаульский медицинский институт). У 196 здоровых испытуемых разного возраста кровоток измерялся в дуге аорты, ее брюшной части и в артериях: сонных — общей, наружной и внутренней, подключичной, плечевой, позвоночной и бедренной. Винтовая форма его чаще выявлялась в правой внутренней сонной артерии (69 % случаев) и реже в плечевых артериях (11 % случаев). Она была разнонаправленной, и с возрастом встречаемость ее росла.

Таким образом, нельзя утверждать универсальность и однонаправленность винтовой формы потока крови в артериях и разнонаправленность ее в большом круге и малом. Скорее причина винта — особенности конструкции той или иной артериальной бифуркации у индивидуума. Возможно, предпосылкой ему является скручивание потока, выходящего из сердца (если это явление есть) и плюс влияние на поток вращения сердца во время систолы, которое также показывает Р.И. Кирсанов. Несомненно, поворот потока влияет на гемодинамику в артериальных бифуркациях, и авторские расчеты, касающиеся этой темы, очень интересны и полезны для понимания, в частности, их атеросклеротических повреждений.

Авторы полагают, что в мелких сосудах (в области микроциркуляции) винтовой поток существовать не может, и вращательная форма его меняется на поступательную. Замечу, что данных о форме потока в таких и более узких сосудах пока нет. Согласно авторским расчетам, для поступательного потока форма бифуркаций в русле должна соответствовать уравнению $D_0^4 = D_1^4 + D_2^4$.

Поспорю с этим утверждением. Область микроциркуляции условно начинается с сосудов, диаметр которых можно измерять только под микроскопом, где-то с 500–300 мкм. Мы много занимались закономерностями в структуре артериальных и венозных бифуркаций диа-

метром от 300 мкм до пре- и посткапиллярных стволов в 5–7 мкм. Оказалось, что величина коэффициента ветвления ($k = (D_1^2 + D_2^2)/D_0^2$) в самых разных органах меняется по-разному, но, как правило, растет от 1 в сравнительно крупных артериях до 1,3 и выше в капиллярообразующих артериолах. При этом растет просвет органного русла, но резко он начинает расти где-то с D артериол около 50 мкм и ниже. Интересно, что бифуркации брюшной аорты дают k , равный 1 и даже меньше. В венозных отделах микроскопического русла k ниже, чем артериальных.

Таким образом, микроциркуляторное русло органоспецифично, при этом существуют разли-

чия и в структуре бифуркаций разных по близости к сердцу отделов русла. Согласно нашим расчетам, разные формы артериальных бифуркаций отражают стремление минимизировать время нахождения крови в сосуде, пристеночное напряжение сдвига или мощность, затраченную на кровоток. К сожалению, авторы настоящей статьи не сопоставляют свои данные и модели (они безусловно интересны) с таковыми других исследователей. А они есть, и после С.Д. Murray (1926) на тему сосудистых бифуркаций было немало публикаций, не только наших.

Все сказанное, не позволяет мне согласиться с авторским утверждением, вынесенным в заголовок статьи.

Главный научный сотрудник
Института физиологии СО РАМН
д-р мед. наук, профессор
К.А. Шошенко

ОТВЕТ НА РЕЦЕНЗИЮ

Уважаемая редакция!

Ниже последовательно даем ответ на все приведенные в рецензии рассуждения.

Рецензент *«согласился бегло просмотреть эту работу, используя свои знания, полученные при оппонировании кандидатской диссертации Р.И. Кирсанова «Допплерографическая регистрация и основные закономерности винтового движения крови в артериях у человека, многолетний собственный экспериментальный опыт, касающийся в основном микроциркуляторного русла, и общие знания о механизмах движения крови в сердечно-сосудистой системе, в частности, основательно изложенные в переводной монографии К. Каро и др., Механика кровообращения, М.: Мир, 1981. 626 с.»*.

Рецензент прямо говорит, что в основном занимался изучением микроциркуляторного русла и имеет общие знания о механизмах движения крови. В монографии К. Каро кровообращение рассматривается с позиции поступательного движения крови, поэтому многие важнейшие принципы структурно-функциональной организации сердечно-сосудистой системы не были раскрыты.

Следует уточнить, что представленная статья не обзорная. Однако *«...современное состояние знаний относительно обсуждаемых в статье*

тем» отражено в публикациях авторов статьи, указанных в списке литературы. Что касается теоретических моделей *«реологии потоков крови в ССС и о структуре бифуркаций в разных отделах кровеносного русла и расчетах, описывающих гемодинамические параметры...»*, в них также рассматривалось исключительно поступательное движение крови, следовательно, такие модели не отражали истинного характера кровотока.

Далее приводятся противоречивые рассуждения, где рецензент вначале говорит, что *«основное утверждение авторов об универсальности закрученного потока биологических сред в транспортных системах принять трудно»*, и здесь же *«безусловно, такой поток существует в мышечных трубках (кишечник, различные выводящие протоки), в которых перистальтические сокращения стенки создают давление, обеспечивающее направленное движение содержимого трубки»*, а также *«такой тип транспорта субстрата эволюционно наиболее ранний»*, и заключает: *«думаю, что все авторские расчеты, характеризующие поток в таких трубках, интересны»*. В рассуждениях рецензента выявлены противоречия. Вначале он говорит, что это принять трудно, и здесь же, как о само-собой разумеющемся, что такой тип транспорта эволюционно наиболее ранний.