

ОТВЕТ НА РЕЦЕНЗИЮ

Уважаемая редакция!

Ниже последовательно даем ответ на все приведенные рецензентами замечания.

1. В рецензируемой статье дано описание принципов структурно-функциональной организации системы кровообращения, включая сердце и магистральное кровеносное русло, на основе новых экспериментальных фактов с применением фундаментальных законов сохранения физической гидродинамики.

2. В разделе «Материал и методы» дано описание оригинального метода киноангиокардиографии, разработанного авторами. С помощью указанного метода впервые, с позиций системного подхода, обнаружено явление образования винтового потока крови в предсердиях и желудочках сердца, артериях и венах большого и малого кругов кровообращения. Отмечено, что обнаруженное явление неразрывно связано с анатомическими особенностями полостей сердца и кровеносных сосудов, выявленных с помощью изготовленных слепков-отпечатков полостей сердца и магистральных кровеносных сосудов. Текст рецензируемой статьи сопровождается достаточным иллюстративным материалом. Совокупность новых экспериментальных фактов позволила раскрыть сущность явления винтового кровотока и обосновать принципы структурно-функциональной организации системы кровообращения. Предположение рецензента о том, что «*данные методы, очевидно, были использованы для подтверждения сделанных теоретических выводов*», ошибочно. Авторы вначале получили экспериментальные факты, после чего дали описание обнаруженного явления.

3. Приоритет открытия явления образования винтового потока крови в сердечно-сосудистой системе человека и животных принадлежит авторам рецензируемой статьи, что подтверждается [9] в списке литературы (Захаров В.Н., Шумаков В.И. Явление образования винтового потока крови в сердечно-сосудистой системе человека и животных, приоритет 05 мая 1989 г.: Диплом на открытие № 87 / Международная Ассоциация Авторы Научных Открытий. М., 1998). Рецензент, видимо, этого не заметил. Кроме того, термин «*helical blood flow*» также введен авторами статьи впервые, который позднее стал использоваться другими авторами.

4. Авторы рецензируемой статьи не рассматривают ...«*построение универсальной концепции винтового кровотока*»..., а дают экспериментальное обоснование его системного характера, поскольку винтовое движение крови визуализировано в предсердиях и желудочках сердца, артериях и венах большого и малого кругов кровообращения. Термин «*универсальный*» применен авторами статьи в разделе «*Универсальное явление образования закрученного потока биологических сред в транспортных системах*» (наряду с сердечно-сосудистой, другие транспортные системы) и имеет иной смысл, а не тот, о котором говорят рецензенты. В разделе «*Результаты (Явление образования винтового потока крови в сердечно-сосудистой системе)*» показаны новые анатомические признаки конфигурации полостей сердца и кровеносных сосудов, что наряду с активной работой спирально упакованных мышечных элементов желудочков сердца и кровеносных сосудов, обеспечивает образование винтового потока крови в сердечно-сосудистой системе. Роль артерий заключается в поддержании и сохранении винтового кровотока на необходимом уровне, обеспечивающем доставку крови в микрососудистое русло, поскольку работы одного сердца недостаточно, чтобы осуществить этот процесс.

В период сердечного выброса происходит растяжение стенок артерий, в том числе их мышечных волокон, состоящих из множества отдельных гладкомышечных клеток. Растяжение этих клеток является сигналом к их сокращению. Независимо от других исследователей авторами рецензируемой статьи с использованием лазерных измерений показано, что одиночная гладкомышечная клетка может быстро сокращаться за время порядка 0,001 секунды и медленно релаксировать (возвращаться к исходному состоянию), а общее время этого процесса соответствует периоду одного сердечного цикла. В течение этого периода происходит последовательное сокращение множества гладкомышечных клеток спирального волокна, которое соответствует известной скорости распространения пульсовой волны порядка нескольких метров в секунду. Поэтому «*противоречий*», на которые указывают рецензенты, на самом деле не существует. Что касается синхронизации работы арте-

рий с деятельностью сердца, то сократительная функция артерий происходит за период одного сердечного цикла.

5. Впервые об активной диастоле сердечного сокращения говорится в работе [19] (Робинсон Т.Ф., Фэктор С.М., Зонненблик Э.Г. Активная диастола сердечного сокращения // В мире науки. 1986. № 8. С. 48–56). В ней представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие активный присасывающий эффект желудочков сердца в период их диастолы. В рецензируемой статье эта концепция развита с позиций понимания механизма функционирования сердечных клапанов, связанного с вариациями давления в желудочках на протяжении сердечного цикла, о чем говорится в статье. Наполнение желудочков сердца в период диастолы без присасывающего механизма, обусловленного упругой энергией эластического каркаса желудочков сердца, невозможно. Максимальный присасывающий эффект желудочков сердца в период их диастолы достигается в момент, когда давление в них падает до нуля и ниже. В нормальных физиологических условиях такое падение давления подтверждается многочисленными экспериментальными фактами и публикациями, например, см. [20] (Фундаментальная и клиническая физиология / Под ред. А.Г. Камкина и А.А. Каменского. М.: Изд. центр «Академия», 2004. С. 561, рис. 45.10), а также (Физиология кровообращения: Физиология сосудистой системы, руководство по физиологии. Л.: Наука, 1984). Так, измеряемое минимальное давление в левом предсердии и левом желудочке снижается до нуля, а в правом предсердии и правом желудочке — ниже нуля. Традиционно рассматриваемый механизм наполнения желудочков сердца за счет сокращений предсердий неэффективен, поскольку при их сокращении поток крови равновероятно будет направлен как в желудочки сердца, так и обратно в вены, приносящие кровь в предсердия. Кроме того, легочные вены лишены клапанов, клапаны магистральных вен, приносящих кровь в правое предсердие, значительно удалены от сердца, а мышечный слой в стенках предсердий слабо развит. Прямое наблюдение за работой сердца показывает, что предсердия практически не сокращаются, а небольшое колебание их стенок связано с действием присасывающего диастолического эффекта желудочков сердца при расширении их камер, создающем разность давления между предсердиями и желудочками. «Пассивный возврат» крови из вен в сердце противоречит законам физики. Желудочки сердца выполняют функцию накачивания крови

в артериальное русло и закачивания крови из предсердий в желудочки. Процесс заполнения желудочков требует затраты энергии на расширение их камер, источником которой является накопленная в период систолы потенциальная энергия в упругоэластическом каркасе желудочков, что в сочетании с работой мышечного слоя вен обеспечивает активное поступление крови в сердце.

6. Рецензируемая статья подавалась в виде твердой копии и в электронном виде, в которых текст и все рассматриваемые уравнения полностью читались. Непонятно, почему рецензенты не смогли прочитать текст в полном объеме.

После того, как авторами рецензируемой статьи был установлен факт вращательно-поступательного движения крови в сердечно-сосудистой системе, необходимо было объяснить не только источник его образования, но и роль вращательного компонента винтового потока крови в гемодинамике. В используемой системе из четырех уравнений, уравнение (1) является известным законом Бернулли, иначе называемым законом сохранения плотности энергии в потоке. Уравнение (2) и (3) отвечают, соответственно, не законам сохранения импульса и момента импульса, а законам сохранения потока импульса и потока момента импульса. Это является принципиальным, поскольку речь идет о гидродинамических потоках. Эти законы сохранения физической гидродинамики не могут быть распространены на протяженные участки, поскольку существует диссипация энергии всех видов движения (поступательной, вращательной и радиальной). Чтобы пренебречь такой диссипацией и выявить особенности закрученного движения жидкости в каналах переменного круглого сечения, анализируется свойство такого движения на участке очень малой протяженности. Для аргументированного обоснования выявленного «Свойства закрученного потока жидкости создавать силу тяги в воронкообразных каналах» авторы рецензируемой статьи подробно сравнивают различные простые случаи, в которых алгебраический анализ динамики движения жидкости очевиден.

7. Рецензенты отмечают, что в рецензируемой статье используется «упрощенное математическое описание потоков без использования уравнений с частными производными и/или векторных величин». Следует заметить, что используемые авторами уравнения являются интегральными выражениями законов сохранения физической гидродинамики. Эти интегральные законы являются следствием динамических уравнений, описывающих движение жидкости на одной линии

тока с помощью дифференциальных уравнений Навье-Стокса в частных производных. Из-за сложности этих дифференциальных уравнений и отсутствия формулировки начальных и граничных условий, характеризующих винтовой поток жидкости в каналах с конусоидальным сужением, особое свойство этого потока ранее не было выявлено. Это не означает, что проведенный авторами анализ *«может приводить к существенным ошибкам в количественных вычислениях»*. Поэтому рассуждения рецензентов о возможной ошибочности используемых интегральных уравнений физической гидродинамики несостоятельны. Что касается *«использования векторных величин»*, то авторы основываются именно на векторном рассмотрении решаемых уравнений, в которых винтовой поток крови характеризуется тремя компонентами скоростей (поступательная, вращательная и радиальная). В случае анализа ветвлений кровеносных сосудов учитываются пространственная геометрия бифуркаций кровеносных сосудов и векторный характер сил и моментов сил при делении и слиянии закрученных потоков крови в узлах бифуркаций.

8. Авторы рассматриваемой статьи не ставят *«целью создание количественной модели винтового кровотока»*. Основная цель предлагаемой работы для публикации — дать максимально ясное описание динамики истинного потока крови в сердечно-сосудистой системе, доступное для понимания специалистов в области физиологии кровообращения, кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии. Полученные авторами результаты необходимо использовать в разработке новых, эффективных, оптимальных и адекватных для организма технологий диагностики, лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в медицинской практике, о чем сказано в статье.

9. В разделе «Материал и методы» коротко даны результаты экспериментальных исследований, что подтверждается [10] в списке литературы (Багаев С.Н., Захаров В.Н., Орлов В.А. и др. Явление образования закрученного потока сред в транспортных каналах организма человека и животных, приоритет январь 1998 г.: Диплом на открытие № 130 / Международная Ассоциация Авторов Научных Открытий. М., 1999). Универсальность обнаруженного явления связана с тем, что такой вид движения обнаружен авторами в других транспортных системах. Рассмотрение других транспортных систем проведено с целью обоснования общего принципа транспортирования биологических сред в трубчатых органах, имеющих в стенках спирально упакованный мышечный слой и раскрыть физический

механизм образования винтового кровотока на основе волны скручивания, генерируемой сокращением спирально упакованных мышечных элементов. Авторы провели целенаправленные экспериментальные исследования этих систем, о чем изложено и проиллюстрировано в статье. Поэтому заключение рецензентов о том, что *«никаких исследований в отношении данных систем, даже теоретических, вообще не проводилось, никаких результатов в данном отношении не представлено»*, совершенно не обосновано.

10. Рецензенты указывают на то, что *«авторы обосновывают роль трения в образовании винтового потока крови, а при описании закрученного потока жидкости в канале переменного круглого сечения трением пренебрегается»*, в чем они увидели *«принципиальное противоречие»*. Для того чтобы винтовой кровоток, созданный сердцем, не затухал, а продолжал существовать и выполнять свою функцию в протяженном сосудистом русле, необходим источник энергии, который обеспечивает его сохранение и поддержание на должном уровне. Очевидно, что единственным источником этой энергии является активная работа кровеносных сосудов. Такая работа осуществляется только за счет взаимодействия стенок кровеносных сосудов с кровью благодаря трению. С другой стороны, известно существование достаточно большого периферического сосудистого сопротивления, связанного также с силой трения, которое кровотоку необходимо преодолеть. Авторами показано, что преодоление сосудистого сопротивления обеспечивается за счет силы тяги, связанной с энергией вращательного движения крови и сужением сосудов по ходу кровотока. Однако существование такого свойства необходимо было физически обосновать. Для этого достаточно было рассмотреть закрученный поток жидкости на участке малой протяженности, на котором выполняются законы сохранения энергии и потоков вращательного и поступательного количества движения, т.е. в отсутствие сил трения. На сколь угодно малом участке такой подход обоснован. Благодаря исследованиям авторов раскрыта природа артериального диастолического давления, обусловленного энергией вращательного компонента винтового потока крови, обеспечивающего преодоление сосудистого сопротивления и реализующего перфузию звена микрогемоциркуляции.

11. Термин *«математическая связь»* подразумевает количественные соотношения каких-либо параметров изучаемых процессов. В зависимости от изучаемого явления сравниваемые параметры являются конкретными, а не абстрактными, поэтому выражение *«математическая связь»* также

имеет конкретный смысл. Приведем примеры конкретных математических связей, найденных в обсуждаемой работе. Впервые обосновано математическое отношение в пропорции «три к двум» между значениями систолического и диастолического артериального давления большого (120/80 мм рт. ст.) и малого (30/20 мм рт. ст.) кругов кровообращения с позиций винтового кровотока. Известные среднестатистические показатели этих параметров в нормальных

физиологических условиях имеют именно такое соотношение. При изучении бифуркаций кровеносных сосудов также найдена математическая связь между их диаметрами и углами ветвлений.

12. Считаем, что рецензия необъективна, поскольку не содержит убедительных аргументов «для доработки и устранения недостатков» представленной статьи.

Авторы: академик С.Н. Багаев,
д-р мед. наук В.Н. Захаров,
д-р физ.-мат. наук В.А. Орлов