

ИСТОРИЯ ОДНОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

V.F. Baytinger

THE STORY OF ONE DISSERTATION RESEARCH

АНО «НИИ микрохирургии», г. Томск

ФГБОУ ВО КрасГМУ им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, г. Красноярск

Статья посвящена знаменитому отечественному хирургу и топографоанатому, профессору Ф.Ф. Саксу (1918–1998) – ученику академика АМН СССР А.Г. Савиных, одного из основателей хирургии рака пищевода и кардии в СССР. Диссертационное исследование профессора Ф.Ф. Сакса, посвященное анатомии и физиологии кардиального жома, стало стимулом для развития совершенного нового научного направления – «Функциональная морфология сфинктеров пищеварительной системы». Большую поддержку этому направлению оказал ректор Томского медицинского института (Сибирского государственного медицинского университета), член-корреспондент АМН СССР, профессор М.А. Медведев. Научный тандем Медведев – Сакс стал чрезвычайно эффективным, позволившим привлечь к новому научному направлению большое число последователей по всему СССР. Признание многих научных приоритетов в разделе «сфинктерологии» пришло неожиданно, из Университета Оксфорда (Великобритания). В начале 2000-х гг. в Томске были начаты исследования сфинктерных зон в верхних и нижних мочевыводящих путях, а также роли замыкательных структур – артериол, в регуляции капиллярной перфузии тканей свободных (денервированных) микрохирургических лоскутов. Анализ и синтез результатов этих исследований привел к пониманию существования универсального механизма деятельности сфинктеров, водителей ритма, пейсмекеров в регуляции перемещения содержимого [пищевое комка, болюса (мочи), систолического объема крови] на периферию: опережающее перистальтическую либо пульсовую волну подавление нейрогенного компонента базального тонуса гладкой мускулатуры стенок нижележащих отделов соответствующей функциональной системы.

Ключевые слова: Ф.Ф. Сакс, А.Г. Савиных, М.А. Медведев, Г.Е. Островерхов, Ю.А. Пытель, сфинктеросинхронизация, кардиосинхронизация.

The paper is devoted to professor F.F. Saks (1918–1998), famous Russian surgeon and topographoanatomist, disciple of A.G. Savinykh, academician of the Academy of Medical Sciences of the USSR, one of the founders of surgery of esophageal cancer and cardiac cancer in the USSR. The dissertation research by professor F.F. Saks, which was devoted to anatomy and physiology of cardiac sphincter, stimulated the development of the absolutely new research field – functional morphology of digestive system sphincters. This research field was strongly supported by professor M.A. Medvedev, rector of the Tomsk Medical Institute (Siberian Medical University), corresponding member of the Academy of Medical Sciences of the USSR. The scientific tandem Medvedev–Saks became very efficient, and it enlisted a large number of followers from all over the USSR to this new research field. Recognition from many leading scientists in “sphincterology” came unexpectedly, from the Oxford University (Great Britain). In the early 2000s, the studies of sphincter zones in the upper and lower urinary tract, as well as the role of closing structures (arterioles) in regulation of capillary perfusion of tissues of free (denervated) microsurgical flaps were started in Tomsk. The analysis and synthesis of the results of these studies yielded the understanding that there is a universal mechanism in the activity of sphincters and pacemakers in regulation of movement of the contents [food bolus, urine bolus, systolic discharge] to the periphery: suppression of the neurogenic component of basal tone of smooth muscle of walls of lower sections of the corresponding functional system in advance of the peristaltic or pulse wave.

Key words: F.F. Saks, A.G. Savinykh, M.A. Medvedev, G.E. Ostroerkhov, Yu.A. Pytel', sphinterosynchronization, cardiosynchronization.

УДК 612.327.41:616-088.22-089.844](091)
doi 10.17223/1814147/63/08

*100-летию со дня рождения моего учителя,
профессора Ф.Ф. Сакса, посвящая эту работу*

В 1964 г. в Советском Союзе доцентом кафедры анатомии человека Томского медицинского института Ф.Ф. Саксом – учеником выдающегося советского хирурга, академика АМН

СССР, профессора Андрея Григорьевича Савиных – была защищена докторская диссертация под названием «Кардиальный жом, его строение, функция и последствия удаления». Наряду с оригинальными результатами по анатомии и физиологии кардиального жома (сфинктера) у собак и человека, Ф.Ф. Сакс впервые обратил

внимание на функциональные взаимоотношения кардии и структур шейного сужения пищевода при раке кардии. Они проявляются в виде дисфагии в области шеи. Диссертационная работа Ф.Ф. Сакса положила начало новому научному направлению, прославившему Томский медицинский институт не только в СССР, но далеко за его пределами!



Андрей Григорьевич Савиных (1888–1963) – выдающийся советский хирург-новатор, академик АМН СССР, заведующий кафедрой госпитальной хирургии Томского медицинского института

Новое научное направление «Функциональная морфология сфинктеров пищеварительной системы» с большим энтузиазмом было поддержано членом-корреспондентом АМН СССР, профессором Михаилом Андреевичем Медведевым. Результаты фундаментальных и прикладных исследований в этом направлении под руководством таких крупных ученых не остались незамеченными в научном сообществе. Профессора М.А. Медведев и Ф.Ф. Сакс стали организаторами двух Всесоюзных симпозиумов «Физиология и патология сфинктерных аппаратов пищеварительной системы» (Томск, 1984, 1988). Успехи томских анатомов, физиологов и хирургов в изучении сфинктеров пищеварительной системы были высоко отмечены известнейшим советским нейрофизиологом А.Д. Ноздрачевым (Ленинград). Вот строки из его письма Ф.Ф. Саксу (1984): «... Сейчас, оглядываясь, можно определенно сказать, что „сфинктеры“ Вы ухватили лихо. И надо развивать это направление. Во-первых, это интересно и важно; во-вторых – почти неизведанная область, и если где-то что-то есть, то все это разбросано, рассыпано по отдельным источникам...».

К 1994 г. кафедра оперативной хирургии Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ) (заведующий – профессор В.Ф. Байтингер) располагала великолепно оснащенной научной лабораторией, «... кото-



Фридрих Фридрихович Сакс (1918–1998) – выдающийся советский топографоанатом, автор всемирно известного «Атласа по топографической анатомии новорожденного» в своем рабочем кабинете



Профессор Ф.Ф. Сакс (с фотопленкой) и лаборанты Б. Новицкий и В.Э. Диверт в электрофизиологической лаборатории кафедры (1976)



Михаил Андреевич Медведев – профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН. Выдающийся отечественный физиолог в области экспериментальной гастроэнтерологии и кардиохирургии

рая благодаря целенаправленной деятельности под руководством профессоров Ф.Ф. Сакса и В.Ф. Байтингера лидирует в мировой науке

о строении и функциях сфинктеров пищеварительного тракта» (из письма заместителя директора Краснодарского краевого центра функциональной хирургической гастроэнтерологии профессора Г.Ф. Коротко). Чем глубже я погружался в вопросы функциональной морфологии сфинктерных аппаратов пищеварительной системы, а затем и мочевыводящих путей, тем все больше и больше убеждался в универсальности механизмов их функционирования. К середине 80-х гг. прошлого века стало приходить понимание, что функциональные системы (пищеварительная, мочевыделительная, сердечно-сосудистая и др.) являются динамически гибкими, обеспечивая в конечном итоге порционный транспорт своего содержимого, а в сосудах с эластичными стенками – еще и ламинарный ток крови. Запуск моторной активности обеспечивается в первую очередь существованием водителей ритма. К такому заключению мы пришли не случайно. Это был результат своеобразного «любопытства» и дружбы со смежниками. В научной деятельности часто бывает так, что исследователи плохо или почти ничего не знают о том, чем занимаются ученые в других медицинских специальностях. Между тем, там могут быть весьма интересные и полезные данные для смежников.

В 1984 г. у меня состоялся чрезвычайно интересный разговор с выдающимся топографоанатомом и экспериментальным хирургом – членом-корреспондентом АМН СССР, профессором Георгием Ефимовичем Островерховым (Второй МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова). Ученик профессора П.А. Герцена, защитивший под его руководством диссертацию «Опыт хирургического лечения огнестрельных повреждений периферических нервов» (1949) (не потерявшей до настоящего времени актуальности), Георгий Ефимович был энциклопедически образованным ученым. Я поделился с ним своими научными данными по клинической анатомии верхнего пищеводного сфинктера, который, как и наружный анальный, относится к рабдосфинктерам. Затем спросил его совета по дальнейшим исследованиям участия верхнего пищеводного сфинктера в организации моторной активности пищеварительной системы. Закончился разговор тем, что Г.Е. Островерхов посоветовал мне пообщаться на эту тему с заведующим кафедрой урологии Первого Московского медицинского института им. И.М. Сеченова, членом-корреспондентом АМН СССР, профессором Юрием Антоновичем Пытелем.

С рекомендательной запиской от Г.Е. Островерхова я вскоре оказался в кабинете Юрия Антоновича. В то время он было широко известен не только как прекрасный врач-уролог, но и как автор оригинальной теории уродинамики. Из разговора с ним я вынес четкое для себя понимание:

1) перистальтическая активность мочеточника обеспечивается существованием водителя ритма, расположенного в стенке проксимальной части верхних мочевых путей; 2) существуют специальные физиологические механизмы, облегчающие транспорт болюса (мочи) из вышележащих отделов мочеточника в нижерасположенные. С учетом этих данных, а также результатов собственных исследований по иннервации и моторике верхнего и нижнего пищеводных сфинктеров, в 1991–1994 гг. нами была сформулирована концепция сфинктеросинхронизированной функции пищеварительной системы. Основные положения этой концепции были сформулированы в докторской диссертации В.Ф. Байтингера «Нервно-мышечный аппарат сфинктерных зон пищевода и его значение в координации функциональной активности органа» (Москва, 1992).



Георгий Ефимович Островерхов (1904–1990) – выдающийся отечественный хирург, организатор здравоохранения, автор учебника для медвузов «Оперативная хирургия и топографическая анатомия» (1972). Многократно переиздан и пользуется успехом у студентов до настоящего времени



Г.Е. Островерхов в гостях на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии Томского медицинского института. Лекция для студентов 4-го курса лечебного факультета (12 ноября 1980 года).



Профессор Г.Е. Островерхов с сотрудниками кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ТМИ после прочитанной лекции



Юрий Антонович Пытель (1929–1998) – выдающийся советский уролог, автор оригинальной теории уродинамики, профессор, член-корреспондент АМН СССР, заведующий кафедрой урологии Первого Московского медицинского института им. И.М. Сеченова.

СФИНКТЕРОСИНХРОНИЗИРОВАННАЯ ФУНКЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В настоящее время классическое определение понятия «сфинктер» как «кольцевое скопление мышечных волокон, суживающее переходный участок пищеварительной трубки или закрывающее естественное отверстие» (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, Ed. 3. – Philadelphia – London – Toronto – Mexico City – Sydney – Tokyo: W.B. Saunders Company, 1981. – P. 1485) считается устаревшим. Известно, что только расслабление сфинктера (подавление базального тонуса) не может обеспечить полного раскрытия просвета пищеварительного канала. Необходимо еще сокращение дилаторов, в обязательном порядке присутствующих в структуре сфинктера.

Наши многолетние клинические и экспериментальные исследования позволили уточнить определение понятия «сфинктер пищеварительной системы»: скопление циркулярно расположенных мышечных элементов стенки пищеварительной трубки с наличием дилаторных структур, которое выполняет антирефлюксную функцию и обладает функциональной автономией, т.е. способностью сокращаться независимо от рядом расположенных структур переходной зоны. Дилаторные структуры сфинктерного аппарата пищеварительной системы представлены продольно ориентированными (наружными) мышечными элементами, имеющими спиралевидный ход. Такой их ход является механически наиболее целесообразным для раскрытия просвета пищеварительной трубки в области сфинктера и одновременного ее укорочения. У продольного, более тонкого мышечного слоя, по сравнению с более мощным сфинктерным (циркулярным) слоем мышц, нет другого рычага, кроме самой стенки пищеварительной трубки, через которую он спирально перегибается, чтобы при своем сокращении растянуть расслабленный сфинктер с более мощным циркулярным слоем и, соответственно, раскрыть просвет трубки в месте его расположения. Механизм замыкания гладкомышечных сфинктеров обеспечивается местной (интрамуральной) нервной системой; замыкание наступает в ответ на раздражение рецепторов слизистой оболочки, соответствующей каждому сфинктеру рефлексогенной зоны. Она находится обычно сразу дистальнее уровня расположения самого сфинктера. Раскрытие – это активный процесс, и в механизме его реализации участвует не только интрамуральный нервный аппарат пищеварительной трубки, но и вышерасположенные этажи нервной системы [1].

В работе сфинктеров пищеварительной системы наблюдается определенная периодичность. Особенно хорошо она проявляется вне приема пищи (при голодании), когда один из сфинктеров или одновременно несколько открываются и зияют, а через некоторое время снова замыкаются. В середине прошлого века М. Foti [9] на основе данных рентгенологических исследований впервые описал одновременное раскрытие привратника желудка и илеоцекальной заслонки, назвав этот феномен бисфинктерным рефлексом. Большая часть сфинктеров пищеварительного (желудочно-кишечного) тракта образована гладкой мускулатурой (лейосфинктеры) и только два (верхний пищеводный сфинктер и наружный анальный) построены из поперечнополосатых мышц (рабдосфинктеры), эффекторно иннервируемых соматическими нервами из ствола мозга и сакрального отдела спинного мозга.

Своеобразие миоаритектоники стенки пищевода в области шейного его сужения, где располагается верхний пищеводный сфинктер, состоит в том, что кроме сфинктера здесь имеется еще одна анатомическая структура – поперечная порция перстнеглоточной мышцы. Она охватывает пищевод сзади и по сторонам и прижимает его к задней стенке пластинки перстневидного хряща и задним перстнечерпаловидным мышцам. Поперечная порция перстнеглоточной мышцы формирует поперечную щель входа в пищевод – «рот пищевода». Верхний пищеводный сфинктер расположен, в основном, ниже уровня пластинки перстневидного хряща. У взрослых людей сфинктер имеет протяженность 25–30 мм. Наши данные по морфологии верхнего пищеводного сфинктера у человека [1] вызвали большой интерес в мировом сообществе физиологов и были использованы при подготовке I тома «Handbook of Physiology» (Oxford, 1989, p. 987–1023).

Особенность иннервации верхнего пищеводного сфинктера состоит в наличии в нем хорошо выраженного межмышечного нервного сплетения, ганглиозные клетки которого не имеют никакого отношения к эффекторной иннервации самого сфинктера. Его мускулатура находится под эффекторным контролем нейронов *nucleus ambiguus*. Все нейроны во внутримышечных ганглиях верхнего пищеводного сфинктера по форме относятся к преганглионарным нейронам Догеля I типа, на телах которых заканчиваются перичеселлярными аппаратами преганглионарные нервные волокна блуждающего нерва, относящиеся к эффекторным нейронам *nucleus dorsalis nervi vagi*. Постганглионарные отростки (волокна) этих нейронов заканчиваются на большом расстоянии от шейного сужения пищевода.

В эксперименте на собаках через 15–18 сут после их «выключения» нейротоксином (30-минутная аппликация 0,1%-го раствора бензалкония хлорида на адвентицию шейного сужения пищевода) нарушался механизм подавления базального тонуса кардиального сфинктера в ответ на возникновение первичной перистальтической волны. Другими словами, на фоне деструкции межмышечных ганглиев в толще верхнего пищеводного сфинктера и одновременно обнаруженного наличия варикозных утолщений по ходу осевых цилиндров в межмышечном нервном сплетении кардиального сфинктера (постганглионарных отростках ганглиев верхнего пищеводного сфинктера) были выявлены специфические функциональные отклонения в моторике. На фоне нормального базального тонуса кардиального сфинктера регистрировали его неполное (т.е. небольшой амплитуды) раскрытие [1]. Это очень

важный научный факт, который позволил приблизиться к пониманию патогенеза не поддающейся консервативному лечению ахалазии (нераскрытию) кардии. Другими словами, общеизвестный факт возникновения моторики пищевода – первичной перистальтической волны, только в ответ на раздражения механорецепторов шейного сужения пищевода, а также факт опережения (на 1–2 с) подавления базального тонуса кардиального сфинктера до подхода к нему первичной перистальтической волны получили в наших физиологических исследованиях полное нейрогистологическое подтверждение. Данное небольшое резюме моторике пищевода стало стимулом для анализа других очень важных фактов для понимания закономерностей сфинктеросинхронизированного продвижения пищевого химуса: от уровня верхнего пищеводного сфинктера и до левого (селезеночного) угла толстого отдела кишечника. Именно этот участок пищеварительной системы находится под эфферентным контролем блуждающих нервов (эффекторные нейроны *nucleus dorsalis n. vagi*).

Пищевод является тем органом, нервный аппарат которого через афферентные системы (чувствительные спинномозговые нервы и афферентные нейроны *nucleus tractus solitarii*) заблаговременно и на большое расстояние «информирует» дистальные отделы пищеварительной системы, контролируемые блуждающим нервом, о характере проглоченной пищи (объем, консистенция, температура и др.). Это происходит через механизм изменения скорости распространения первичной перистальтической волны по пищеводу – от 1 до 5 см/с; она распространяется вдоль всей длины пищевода (20–24 см) за 2–4 с и даже за 8 с, а то и за 8–12 с. Кроме того, существует защитный механизм, препятствующий чрезмерно частому поступлению пищи в пищевод, поскольку частые глотания ухудшают транспортную функцию пищевода.

Нисходящий отдел ободочной кишки, сигмовидная кишка и прямая, где жидкий химус последовательно преобразовывается в каловые массы, находятся под эфферентным контролем сакрального отдела спинного мозга. По образному выражению лауреата Нобелевской премии И.П. Павлова, «пищеварительный тракт представляет собой громадный химический завод». Периоды же пребывания пищи или химуса в «цехах завода» регулируются сфинктерами. Под «сфинктеросинхронизацией» мы понимаем еще и соответствующий нейрогенный механизм опережающего перистальтическую волну подавления базального тонуса пищеварительной трубки. Это происходит с участием нервного аппарата сфинктеров пищеварительной системы, обеспечивающего полисфинктерный нейро-

генный механизм последовательного подавления базального тонуса в ниже- (дистально-) расположенных сфинктерах, открывающих соответствующие «цеха» для приема очередного объема химуса. Адаптацию к объему содержимого обеспечивает известный механизм рецептивной релаксации желудочной и кишечной стенок.

Таким образом, в основе реализации механизма транспортировки болюса находится динамически гибкий механизм с участием верхнего пищеводного сфинктера (в пищеварительной системе) либо водителя ритма в стенке проксимальной части верхних мочевыводящих путей, который участвует в наполнении, опорожнении и облегчении транспорта содержимого из вышележащих отделов в нижележащие. Транспортировка болюса реализуется через механизм подавления нейрогенного компонента базального тонуса гладкой мускулатуры дистально расположенных отделов пищеварительной либо мочевыделительной трубок. Этот тормозной эффект всегда опережает следом подходящую перистальтическую волну.

В 2016 г. мне посчастливилось познакомиться с доцентом кафедры оперативной хирургии Самарского государственного медицинского университета, доцентом Евгением Сергеевичем Петровым. Меня очень интересовал вопрос механизма регуляции капиллярной перфузии тканей в норме и в реперфузируемом свободном кожно-фасциальном лоскуте. Это мой чисто практический, профессиональный интерес как врач-микрохирурга, остро переживающего тяжелые послеоперационные осложнения – краевой или тотальный некроз пересаженного свободного комплекса тканей. Конечно, был бы научный опыт не отпускал меня и, прежде всего, в части понимания, что регулятор капиллярной перфузии – артериолы, имеющие самую «толстую» мышечную оболочку в артериальной системе, должны открываться чем-то, чтобы пропустить кровь в капиллярное русло. 22 января 2016 г. Евгений Сергеевич написал мне удивительное письмо:

«Уважаемый Владимир Федорович! Огромное спасибо за столь высокую оценку нашего 40-летнего труда в области физиологии кровообращения. Действительно, пульсирующее течение крови по сосудам с эластическими стенками является собой, с точки зрения гидродинамики, принципиально неустойчивый процесс, когда даже минимальное ускорение линейной скорости кровотока по сосуду меняет ламинарный ток крови на автоколебательное или флаттерное течение.

Мы первыми в России математически просчитали эти режимы течения крови по сосуду с эластическими стенками и показали в эксперименте, что появление их в сердечно-сосудистой системе нежелательны, ибо при этом значительно

увеличивается гидравлическое сопротивление мерного отрезка сосуда и повышается внутрипросветное давление. Вот почему у теплокровных животных и человека в процессе филогенеза в сердечно-сосудистой системе сформировались механизмы, названные нами антифлаттерными, которые направлены на поддержание ламинарного и недопущение автоколебательного режима течения крови в сердечно-сосудистой системе, основным из которых является кардиосинхронизированный сосудистый рефлекс. Этот сосудистодвигательный симпатический рефлекс включает в себя тонический и модулирующий компоненты, которые обеспечивают безградиентное прохождение ударного объема крови, выбрасываемого в аорту левым желудочком. Отметим, что исчезновение модулирующего симпатического кардиоваскулярного рефлекса является причиной первичной артериальной гипертонии.



Евгений Сергеевич Петров (1949–2017) – доцент кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий Самарского государственного медицинского университета. Исследователь гидродинамического флаттера и антифлаттерной стабилизации в сердечно-сосудистой системе

В связи с Вашим вопросом можно сделать некоторые заключения о том, что непроходимость артериальной ветви питающей трансплантируемый лоскут кожи, возможно, возникает вследствие появления флаттера потока за счет высокой скорости кровотока. Вследствие этого мы можем рекомендовать следующие пути решения возникшей проблемы.

1. Максимально возможное уменьшение длины подводящей артерии в сосудистой ножке, что приведет к уменьшению длины флаттерующего участка, а, следовательно, и снижению гидравлического сопротивления.

2. Создание условий поддержания минимально возможного артериального давления в подводящей артерии трансплантируемого

лоскута, с внутрисосудистым давлением 70–60 мм рт. ст. Предполагаем использовать для вшивания сосудистой ножки не магистральные артериальные стволы конечностей, а их ветви не первого уровня.

3. По возможности, использовать подводящую артерию с достаточно большой жесткостью, что можно достигнуть не отделением артерии от окружающих тканей.

4. Желательно провести исследования мгновенного изменения артериального давления во вшиваемой артерии с целью выявления автоколебательного (флаттерного) потока.

5. По-видимому, роль вшиваемой артерии в отдаленные сроки будет снижаться, так как несомненно формируются окольные микрососудистые анастомозы. Вследствие этого можно проработать возможность использования сосудистого протеза с более жесткими стенками. В дальнейшем, по мере формирования окольных путей кровотока, протез может быть удален.

Р. S. Для более успешной интеллектуальной работы нам представляется, что существует необходимость ряда совместных публикаций по совершенствованию результатов Вашего исследования».

Разумеется, это письмо меня вновь, уже который раз, заставило вспомнить об универсальности механизма транспорта содержимого не только в полых органах пищеварительной и мочевыделительной систем, но и, возможно, в артериальных сосудах мышечно-эластического и мышечного типов. В основе этой универсальности лежит механизм подавления нейрогенного компонента базального тонуса гладких мышечных клеток в мышечной оболочке артериальных сосудов; при этом тормозный эффект всегда должен опережать распространение пульсовой волны. Изучение специальной литературы по данному вопросу вывело меня на очень интересный физиологический феномен «кардиоваскулярный депрессорный симпатический рефлекс», обеспечивающий кардиосинхронизацию в деятельности сердца и артериальных сосудов в пределах одного кардиоцикла (время, за которое происходит одна систола и одна диастола предсердий и желудочков).

КАРДИОСИНХРОНИЗИРОВАННАЯ ФУНКЦИЯ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

До недавнего времени в науке по физиологии кровообращения не было ответа на самый принципиальный вопрос: «Как взаимодействует сердце и артериальные сосуды в пределах одного кардиоцикла»? Фундаментальные исследования по этой проблеме впервые были выполнены Ф. Неуман [11–13]. Автор экспериментально

доказал, что у животных и человека сосудистый мышечный тонус крупных артерий и мелких резистивных сосудов (артериол) моделируется сердечным ритмом благодаря кардиоваскулярному депрессорному симпатическому рефлексу с правого предсердия и устьев полых вен. Следствием этого является несовпадение пульсовой динамики артериального давления и окружающей деформации артерий большого круга кровообращения за счет фазового сдвига в 0,02–0,04 с между кривыми. Приращение диаметра бедренной артерии у собаки и плечевой артерии у человека начинается несколько раньше пульсовой волны, т.е. раньше сокращения левого желудочка сердца, а именно, в изоволюмический период. Было показано, что дилатация (расширение) артерий на всем протяжении – от грудной аорты до артериол, носит рефлекторный характер и происходит за счет дистально распространяющегося подавления базального сосудистого тонуса циркулярно расположенных гладких мышечных клеток и рефлекторного сокращения спирально расположенных пучков гладкой мускулатуры, обеспечивающей активное продольное укорочение артерий и расширение их просвета с эффектом своеобразного «дистального присасывающего эффекта». Этот процесс опережает пульсовую волну на 0,02–0,04 с в большом круге кровообращения и на 0,06–0,12 в малом круге кровообращения. Только строгая синхронизация прохождения пульсовой волны давления с постоянно нарастающей скоростью ее распространения от 3 м/с в восходящей аорте до 10 м/с в бедренной артерии с дистально распространяющейся волной активной дилатации артерий является гарантией гидродинамической стабильности потока крови. Волну опережающего расширения артерий (от аорты до артериол), обеспечивающей непрерывный ламинарный ток крови назвали «антифлаттерной волной» [7, 18]. Несколько ранее Г.П. Конради в своей знаменитой монографии «Регуляция сосудистого тонуса» [5] и в главе книги «Физиология кровообращения. Физиология сердца» [6] обратил внимание на характерную особенность симпатической нервной системы: наличие тонического возбуждения, или тонуса, необходимого для поддержания постоянного внешнего эффекта исполнительного органа, не ослабевающего во времени. Тонические влияния симпатической нервной системы наиболее подробно исследованы на сердце. В сердечных симпатических волокнах регистрируется непрерывный поток эффекторных тонических разрядов и группирование импульсов синхронно систолическим сокращениям сердца. В работах А. Mangel et al. [14, 15] экспериментальным путем было доказано, что «управляющим центром» для ритмичной

сократительной деятельности аорты и ее ветвей является водитель ритма сердечных сокращений – синоатриальный узел, имеющий богатую чувствительную спинномозговую иннервацию, составляющую афферентное звено кардиоваскулярного депрессорного симпатического рефлекса. Сердечная модуляция артериального сосудистого тонуса, т.е. тормозная импульсация от синоатриального узла распространяется на восходящий отдел дуги аорты и грудную аорту и далее по магистральным артериям и их ветвям вплоть до артериол. Этот рефлекс реализуется по эффекторному звену кардиоваскулярного депрессорного симпатического рефлекса представленного ганглиями пограничного симпатического ствола и постганглионарными симпатическими нервными волокнами, формирующими адвентициальное нервное сплетение на стенке всех артериальных сосудов. По данным A. Mangel et al. [15] и Е.С. Петрова с соавт. [7] импульсация из синоатриального узла рефлекторно (через 0,02–0,04 с) запускает пульсовую волну давления от сердца на периферию с довольно большой скоростью: постепенно нарастающей от 3 м/с в дуге и грудном отделах аорты до 10 м/с в бедренной артерии и со способностью артерий реагировать на любую частоту сердечных сокращений, до 8–10 Гц. Причем пульсовая волна непременно начинается в фазу систолы с рефлекторного возникновения волны расширения в дуге аорты с последующим сужением в диастолу [7, 18]. И так вдоль всего артериального русла. В отличие от пульсовой волны центробежное распространение тормозной импульсации, подавляющей артериальный сосудистый тонус в большом круге кровообращения, начинается в изоволюмический период сердечной деятельности и всегда опережает (в среднем на 0,03 с) следующую за ней пульсовую волну. Известно, что сумма диаметров всех мелких артерий значительно больше, чем диаметр самой аорты. Артериолы, активно влияющие на интенсивность капиллярного кровообращения, являются главным регулятором объема органного кровотока [2, 4]. Базальный мышечный тонус артериальных сосудов обеспечивает 50 мм рт. ст. [7, 18]. Новокаиновая блокада звездчатого симпатического узла у собак приводила к нарушению кардиоваскулярного симпатического рефлекса и исчезновению или уменьшению известного фазового сдвига: подавление артериального сосудистого тонуса – пульсовая волна. В норме формирование пульсовой волны в грудной аорте происходит следующим образом: сначала начинает увеличиваться диаметр грудной аорты (на 400–500 мкм) с одновременным активным укорочением ее сегмента (на 250 мкм), опережая систолическую волну давления на 0,02–0,04 с, т.е. ско-

рость расширения аорты всегда опережает скорость систолического подъема давления в ее просвете [7, 13, 18]. Скорость распространения пульсовой волны в норме, у молодых здоровых людей, нарастает в дистальном направлении, с максимумом в сосудах мышечного типа, и угасает в области артериол и капилляров, на которые приходится 50–60% общего сопротивления кровотоку [2, 4]. Чрезвычайно важным и теперь уже общеизвестным является тот факт, что скорость распространения пульсовой волны в 14–20 раз превышает скорость продвижения крови по артериальному руслу (0,3–0,5 м/с). В эксперименте было доказано, что десинхронизация этого процесса путем создания запаздывания или опережения волной давления момента активного расширения аорты менее чем на 0,01 с приводит к возникновению гидродинамического флаттера с частотой от 25 до 100 Гц. Путем денервации синоатриального узла, всей грудной аорты либо поперечной блокадой сердца можно снизить скорость распространения пульсовой волны аж на 30%, со всеми вытекающими отсюда последствиями [7, 18].

В связи с отсутствием информации о субстрате, обеспечивающим передачу электрического импульса, возникающего в синоатриальном узле на ганглии симпатической нервной системы, все вышеприведенные данные не позволяют в полной мере сформировать стройную концепцию морфо-функционального взаимодействия сердца и артериальных сосудов. Прежде всего, нельзя не учитывать современные данные по иннервации сердца. Оно обладает сложным устроенным внутриорганным нервным аппаратом, который представлен сердечными нервами, исходящими из грудного (симпатического) аортального нервного сплетения, входящими в сердце (а), нервными ганглиями, расположенными в его стенке (б) и нервными волокнами, берущими начало от нервных клеток сердечных ганглиев (в), и наконец, нервными окончаниями – рецепторами и эффекторами [3]. Примечательно, что R.B. Smith [16, 17], изучавший места расположения внутрисердечных ганглиев у человека, показал что их «излюбленным местом» является стенка предсердий; кроме этого, они располагаются вблизи устья верхней полой вены, аорты, легочного ствола и легочных вен. Крупные скопления нервных клеток (ганглии) обнаружены во внутренних стенках сердечных ушек. Лишь небольшое количество нейронов находятся в стенке желудочков, располагаясь преимущественно у венечной борозды. В процессе развития организма человека происходят закономерные изменения вегетативной иннервации сердца. И в первую очередь это относится к симпатической иннервации сердца. Показатели

плотности и интенсивности люминесценции адренэргических нервных сплетений миокарда у здоровых людей среднего (30–35-летнего) возраста начинает снижаться. В очагах десимпатизации развивается повышенная чувствительность к катехоламинам крови. В участках сердечной мышцы с сохраненной адренэргической иннервацией этой особенности не прослеживается. Подавляющее большинство адренэргических нервных сплетений миокарда сердца трансформируется к 60–65-летнему возрасту из стадии первичного истощения в заключительную стадию – инволютивной дегенерации [8]. Вышеприведенные данные подтверждают наличие уникального рода синхронизации функции сердца и артериальных сосудов в пределах одного кардиоцикла. Волну опережающего расширения артерий (от аорты до артериол), обеспечивающей непрерывный ламинарный ток крови называют антифлаттерной волной [18]. Открытие механизма антифлаттерной стабилизации в сердечно-сосудистой системе могут быть очень полезными в понимании причин осложнений (краевой, тотальный некрозы), возникающие после пересадки микрохирургических и микрососудистых осевых кожно-фасциальных лоскутов. Патогенез капиллярной гипоперфузии свободного (микрососудистого) лоскута в первые 12 ч после его реперфузии может быть связан,

прежде всего, с дисфункцией артериол, активно влияющих на интенсивность капиллярного кровообращения. Причина дисфункции артериол – в отсутствии субстрата для прохождения кардиосинхронизированной волны опережающего расширения артерий, в том числе и артериол, в пересаженном микрососудистом лоскуте. Характер дисфункции артериол должен быть уточнен. Это явно не спазм! Скорее всего, речь идет о нарушении механизма открытия артериол, в которых был потерян нейрогенный, но сохранен миогенный контроль базального тонуса.

Таким образом, диссертационное исследование профессора Ф.Ф. Сакса создало благоприятные условия для дальнейших многочисленных исследований по изучению механизмов перемещения болюсов в полых органах (пищеварительной, мочевыделительной и др. систем), а томским микрохирургам на этой основе, а также с учетом данных фундаментальных исследований самарских морфологов и физиологов, прийти к пониманию универсальности механизма перемещения болюсов и систолического объема крови из вышележащих в нижележащие отделы своих систем. Эта универсальность состоит в опережающем перистальтическую либо пульсовую волну подавлении базального тонуса гладкой мускулатуры стенок нижележащих отделов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сфинктеры пищеварительного тракта (The Sphincters of Digestive Tract) / под ред. В.Ф. Байтингера. – Томск: Изд-во НТЛ, 1994. – 207 с.
2. Гицеску Т. Проблемы экспериментальной сосудистой и сердечной хирургии. – Бухарест: Изд-во Академии наук Румынской Народной Республики, 1962. – 440 с.
3. Гусева И.А., Шабалин А.В., Казаринова Ю.Л. Связь особенностей иннервации сердца с механизмами развития суправентрикулярных тахикардий и с последствиями радиочастотной абляции аритмогенных очагов // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 69–74.
4. Зильбер А.П. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии. – М.: Медицина, 1984. – 486 с.
5. Конради Г.П. Регуляция сосудистого тонуса. – Л.: Наука, 1973. – 325 с.
6. Конради Г.П. Физиология кровообращения. Физиология сердца. – Л.: Наука, 1980. – 598 с.
7. Петров Е.С., Кошев В.И., Волобуев А.Н. Взгляды и суждения, анализ и выводы по некоторым вопросам фундаментальной и прикладной медицины. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. – 187 с.
8. Швалев В. Н. Патоморфологические изменения симпатического отдела вегетативной нервной системы и сердечно-сосудистая патология // Архив патологии. – 1999. – № 3. – С. 50–52.
9. Foti M. Mechanismus und Bedeutung des "Intestinalen Bispinkterreflexes" // Z. ges. Inn. Med. – 1953. – Bd. 8, H. 3. – S. 604–607.
10. Heyman F. Comparison of intraarterially and extraarterially recorded pulse waves in man and dog // Acta Med. Scand. – 1957. – V. 157, № 6. – P. 503–510.
11. Heyman F. Extra- and intraarterial records of pulse waves and locally introduced pressure waves // Acta Med. Scand. – 1959. – V. 163, № 6. – P. 473–475.
12. Heyman F. The arterial pulse as recorded longitudinally, radially and intra-arterially on the femoral artery of dogs // Acta Med. Scand. – 1961. – V. 170, № 1. – P. 77–81.
13. Heyman F., Stenberg K. The effect of stellate ganglion block on the relationship between extra- and intraarterially recorded brachial pulse waves in man // Acta Med. Scand. – 1962. – V. 174, № 1. – P. 9–11.
14. Mangel A., Fahim M., van Breemen C. Rhythmic contractile activity of the *in vivo* rabbit aorta // Nature. – 1981. – V. 289, № 5799. – P. 692–694.
15. Mengel A., Fahim M., van Breemen C. Control of vascular contractility by the cardiac pacemaker // Science. – 1962. – V. 215, № 4540. – P. 1627–1629.

16. Smith R.B. The development of autonomic neurons in the human heart // *Anat. Anz.* – 1971, Bd. 128. – S. 70–76.
17. Smith R.B. The occurrence and location of intrinsic cardiac ganglia and nerve plexuses in the human neonate // *Anat. Rec.* – 1971. – V. 169, № 1. – P. 33–40.
18. Volobuev A.N., Koshev V.I., Petrov E.S. *Biophysical Principles of Hemodynamics.* – New York: Nova Science Publishers Inc., 2010. – 215 p.

REFERENCES

1. *Sfinktery pishhevaritel'nogo trakta* [The Sphincters of Digestive Tract]. Ed. V.F. Baytinger. Tomsk, NTL Publ., 1994. 207 p. (in Russian).
2. Gitsesku T. *Problemy eksperimental'noy sosudistoy i serdechnoy hirurgii* [Problems of experimental vascular and cardiac surgery]. Bucharest, Academy of Sciences of the Romanian People's Republic Publ., 1962. 440 p. (in Russian).
3. Guseva I.A., Shabalin A.V., Kazarinova Yu.L. Svjaz' osobennostey innervatsii serdca s mekhanizmami razvitiya supraventrikulyarnykh tahikardiy i s posledstviyami radiochastotnoy ablyatsii aritmogennykh ochagov [Relationship of the innervation of the heart with the mechanisms of development of supraventricular tachycardias and the consequences of radiofrequency ablation of arrhythmogenic foci]. *Vestnik aritmologii – Journal of arrhythmology*, 2001, no. 22, pp. 69–74 (in Russian).
4. Zilber A.P. *Klinicheskaya fiziologiya v anesteziologii i reanimatologii* [Clinical physiology in anesthesiology and resuscitation]. Moscow, Medicine Publ., 1984. 486 p. (in Russian).
5. Konradi G.P. *Reguljaciya sosudistogo tonusa* [Regulation of vascular tone]. Leningrad, Nauka, 1973. 325 p. (in Russian).
6. Konradi G.P. *Fiziologiya krovoobrashheniya. Fiziologiya serdca* [Physiology of blood circulation. Physiology of the heart]. Leningrad, Nauka Publ., 1980. 598 p. (in Russian).
7. Petrov Ye.S., Koshev V.I., Volobuev A.N. *Vzglyady i suzhdeniya, analiz i vyvody po nekotorym voprosam fundamental'noy i prikladnoy mediciny* [Views and judgments, analysis and conclusions on some issues of fundamental and applied medicine]. Samara, Izd-vo SNC RAN, 2012. 187 p. (in Russian).
8. Shvalev V.N. Patomorfologicheskie izmeneniya simpaticheskogo otdela vegetativnoy nervnoy sistemy i serdechno-sosudistaya patologiya [Pathomorphological changes in the sympathetic part of the autonomic nervous system and cardiovascular pathology]. *Arhiv patologii – Archive of Pathology*, 1999, no. 3, pp. 50–52 (in Russian).
9. Foti M. Mechanismus und Bedeutung des "IntestinalenBispinkterreflexes". *Z. ges. Inn. Med.*, 1953, Bd. 8, H. 3, S. 604–607.
10. Heyman F. Comparison of intraarterially and extraarterially recorded pulse waves in man and dog. *Acta Med. Scand.*, 1957, vol. 157, no. 6, pp. 503–510.
11. Heyman F. Extra- and intraarterial records of pulse waves and locally introduced pressure waves. *Acta Med. Scand.*, 1959, vol. 163, no. 6, pp. 473–475.
12. Heyman F. The arterial pulse as recorded longitudinally, radially and intra-arterially on the femoral artery of dogs. *Acta Med. Scand.*, 1961, vol. 170, no. 1, pp. 77–81.
13. Heyman F., Stenberg K. The effect of stellate ganglion block on the relationship between extra- and intraarterially recorded brachial pulse waves in man. *Acta Med. Scand.*, 1962, vol. 174, no. 1, pp. 9–11.
14. Mangel A., Fahim M., van Breemen C. Rhythmic contractile activity of the in vivo rabbit aorta. *Nature*, 1981, vol. 289, no. 5799, pp. 692–694.
15. Mengel A., Fahim M., van Breemen C. Control of vascular contractility by the cardiac pacemaker. *Science*, 1962, vol. 215, no. 4540, pp. 1627–1629.
16. Smith R.B. The development of autonomic neurons in the human heart. *Anat. Anz.*, 1971, Bd. 128, S. 70–76.
17. Smith R.B. The occurrence and location of intrinsic cardiac ganglia and nerve plexuses in the human neonate. *Anat. Rec.*, 1971, vol. 169, no. 1, pp. 33–40.
18. Volobuev A.N., Koshev V.I., Petrov E.S. *Biophysical Principles of Hemodynamics.* New York, Nova Science Publishers Inc., 2010. 215 p.

Поступила в редакцию 28.11.2017
Утверждена к печати 15.09.2017

Авторы:

Байтингер Владимир Фёдорович – д-р мед. наук., профессор, президент АНО «НИИ микрохирургии» (г. Томск), профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России (г. Красноярск).

Контакты:

Байтингер Владимир Фёдорович

тел.: +7-913-803-32-86

e-mail: baitinger@mail.tomsknet.ru