

А. В. Чашин

СПЕКТРАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБАХ ОККЛЮЗИОННОГО ДАВЛЕНИЯ НА ТКАНИ

Среди методов исследований состояния организма важное место занимают функциональные пробы (ФП), направленно провоцирующие ответные реакции. К ним относятся и современные разработки ФП на основе окклюзионных методов измерения АД [1 – 3]. Используется тот факт, что измерительная процедура несомненно влияет на течение процессов в организме. В модифицированном алгоритме процедуры измерения окклюзионного воздействия (ОВ) используются как ФП, и при этом создается новое качество – в ходе измерений дополнительно исследуются реакции на такой вид вмешательства. Так в измерительных процессах [3] создается внешнее давление на систему взаимосвязанных тканей верхней конечности и анализируется отклик.

В схематическом описании процессов [2] выделяется несколько участков сосудистой системы конечности, воспринимающих ОВ, и представляются способы съема и регистрации реакции техническими средствами (рис. 1).

Участок 1 в верхней трети плеча, примыкающий к проксимальному краю окклюзионной манжеты М1, а с другой стороны – сохраняющий связь с магистральными сосудами (МС). Здесь происходит ряд связанных биофизических явлений, из-за окклюзионного вмешательства измерительной процедуры в гемодинамику:

- повышается объем V_{1a} кровенаполнения артериального бассейна, из-за снижения проходимости Ga2 через артерии на участке 2 (в пространстве под манжетой);
- «опустошается» объем V_{1b} кровенаполнения бассейна венозной крови, из-за снижения или полного прекращения оттока венозной крови из-под манжеты;
- возвращается избыточная артериальная кровь через артериовенозные анастомозы участка 1 (Gav1).

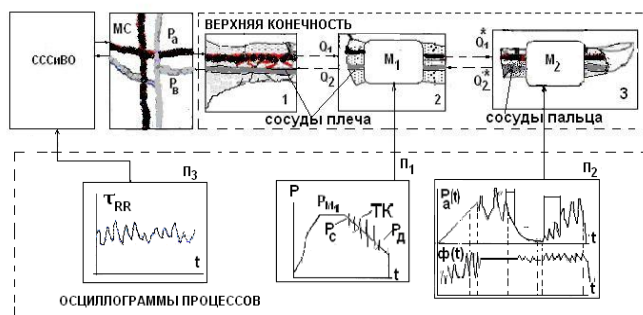


Рис. 1. Схема сосудистой системы конечности

Важная особенность участка 1 состоит в том, что во время всей процедуры измерения АД сосуды этой области не пережимаются и неразрывно связаны через МС с сосудистой системой сердца и внутренних органов (СССиВО). Однако здесь меняется характер кровообращения. В начале ОВ с каждым сердечным сокращением, возрастает объем артериальной крови и артериовенозная разница давлений, и посредством артериовенозных анастомозов обеспечивается возврат крови в полую вену. Это относится к части артериальной крови, не проникающей в дистальные участки конечности, из-за препятствия кровотоку давлением манжеты (P_{M1}).

Участок 2 – зона непосредственного механического действия манжетой M_1 на ткани плечевой области конечности, включая кровеносные сосуды. Здесь так же, как и на участке 1, меняется кровенаполнение артериальных и венозных сосудов V_{2a} и V_{2b} и оно зависит от уровня ОВ. В зависимости от уровня P_{M1} меняется периферическое сопротивление сосудов артериального и венозного русла, так же из-за искусственного препятствия кровотоку. С повышением давления P_{M1} уменьшается кровенаполнение сосудов. При $P_{M1} > P_C$, где P_C – систолическое давление, кровь полностью вытесняется из сосудов, и артериальный и венозный кровоток прекращаются. Процесс Π_1 (рис. 1) измерения АД на этом участке методом Короткова позволяет совместно с определением показателей АД регистрировать сигналы тонов Короткова (ТК), связанные с тонусом кровеносных сосудов.

Гемодинамические процессы в сосудах на участке 3, ниже дистального края ОВ манжетой, описаны в работах [1, 2]. ОВ влияют на процессы и в этой области и приводят: к прекращению венозного оттока крови из конечности; дефициту артериального притока; выравниванию артериального, венозного давления и давления в сети капиллярных сосудов; перераспределению крови между сосудами высокого и низкого давления и депонированию крови в сосудах емкостного типа (с существенно растяжимой стенкой). Гемодинамика и процессы Π_2 на участке 3 могут контролироваться путём непрерывной регистрации АД манжетой M_2 [4].

Изменение кровообращения в СССиВО в ответ на ОВ на плечо представляет интерес с точки зрения происходящих процессов Π_3 реакции организма. Они могут проявляться по кардиоритмографическим регистрациям RR-интервалов (τ_{RR}).

Значительное число происходящих в тканях организма процессов периодические и во многом предопределены работой сердца и других внутренних органов. Внешние же воздействия, оказывая влияние на состояние кровообращения организма и работу органов, проявляются, прежде всего, в ответной реакции. Закономерно ожидать, что они отражаются и на характере повторения протекающих процессов и отличаются от процессов, происходящих без оказания внешних воздействий. Для их проявления необходим выбор методов регистрации и обработки результатов, применительно к изучению процессов, вызванных окклюзией мягких тканей и сосудов верхней конечности. Важно, что описанные процессы происходят под контролем со стороны нервной системы как на уровне местной регуляции, так и из-за сохранения нервной связи с центральной нервной системой.

Разобщение тканей и проявление гемодинамических процессов при ОВ. К числу эффективных методов, проявляющих периодические временные процессы и волновые процессы в пространстве тканей являются методы спектрального преобразования и представления результатов анализа в частотной области. Это позволяет выделять основные частотные компоненты периодических процессов и определять относительный вклад управляющих биофизических механизмов или внешних факторов, отвечающих за их проявление. Для использования преимуществ аппарата спектральных исследований примем два принципиальных решения:

– искусственный механизм разобщения единства тканей дистально и проксимально расположенных относительно плечевой окклюзионной манжеты при ОВ;

– управление окклюзией с учётом создания определенных условий протекания процессов в разных сосудах (лимфатических, капиллярных, венозных, артериальных) и влияющих на объем заполнения жидкостью межклеточного пространства. Направленно задавая уровень P_{M1} , можно с разной степенью управлять окклюзией тканей и, главное, последовательностью их исключения из общего вклада. Исходное давление P_{M1} в таком исследовании задаётся так, чтобы последовательно сжимались лимфатические, капиллярные, венозные и артериальные сосуды плеча.

Исследования, проводимые по второму варианту, позволяют, сохраняя контроль внешнего давления на сосуды и мягкие ткани плечевой области, регистрировать реакцию

их объемного изменения. При этом воздействие характеризуется создаваемым давлением, реакция – изменением давления, вызванным объемными изменениями в сосудах и мягких тканях в ответ на воздействие.

Для регистрации и наблюдения на экране монитора компьютера процессов изменения сигнала P_{M1} использовалась программа «Measurement and Automation Explorer» (National Instruments). Обработка результатов проводилась средствами программного пакета MatLab 6.5, по алгоритму быстрого преобразования Фурье (БПФ), с разрешением 4096 отсчётов. Дискретизация сигналов для их передачи в персональный компьютер производилась 16-разрядным аналого-цифровым преобразователем DAQCard-6036E (National Instruments), устанавливаемым в порт PCMCIA компьютера, через соединяемый с ним блок согласующего преобразования сигналов «SCB-68». В качестве преобразователя давления использовался преобразователь МРХ-5050DP (Motorolla). Частоту опроса регистрируемых сигналов устанавливали равной 100 Гц.

Экспериментальные результаты и обсуждение. Для исследования периодичности волновых процессов в сосудах и других мягких тканях плеча, в последовательной серии установочных экспериментов, в манжете задавались уровни давления, выбираемые из диапазона $P=3-120$ мм рт.ст. Оставляя P_{M1} постоянным на каждой ступени ОБ в течение не менее 3 мин, регистрировалась ответная реакция тканей. Повышение давления на сосуды и мягкие ткани инициировало соответствующее изменение их объема, в ответ на ОБ. Изменение объема тканей в пространстве под манжетой передавалось в виде давления на неё же и создавало соответствующие регистрируемые изменения давления в манжете.

На рис. 2 приведены примеры спектрограмм плотности мощности (СПМ) переменной составляющей сигнала P_{M1} при трёх постоянных уровнях ОБ. Оцифрованные отметки на вертикальных осях – значения СПМ, мм рт.ст.²/Гц, на горизонтальных – частота, Гц. При всех уровнях внешнего давления на ткани плечевой области в спектрах по-разному проявляются пики высокочастотной (в диапазоне 1,2-1,4 Гц) и низкочастотной (ниже 0,6 Гц) составляющих, которые отражают динамику объемных изменений быстрых и медленных волновых процессов, выделенных в реакции сосудов и мягких тканей. Очевидно, высокочастотные пик и его полоса частот связаны с пульсирующим характером работы кровеносных сосудов в области под манжетой и вариативностью частоты сердечных сокращений. Они соответствуют определенным в независимом электрокардиографическом исследовании частоте пульса и диапазону его изменения. Низкочастотные же компоненты спектра, вероятно, связаны с проявлением медленных волновых процессов в сосудах и мягких тканях плеча, обусловлены модулирующим действием дыхательных волн, возможным проявлением волн более высокого порядка (Траубе–Геринга–Майера, их гармониками, отражением и суперпозицией волн) и другими физиологическими механизмами действия.

Из спектрограмм на рис. 2 видно, что при разных уровнях давления в манжете (при переходе от 5 до 60 мм рт. ст.) проявляется подавление низкочастотных спектральных составляющих процессов в тканях плеча, в сравнении с высокочастотным пиком. Это объясняется превышением окклюзионного давления уровня, при котором активность структур, участвующих в медленноволновых процессах, прекращается из-за полной окклюзии соот-

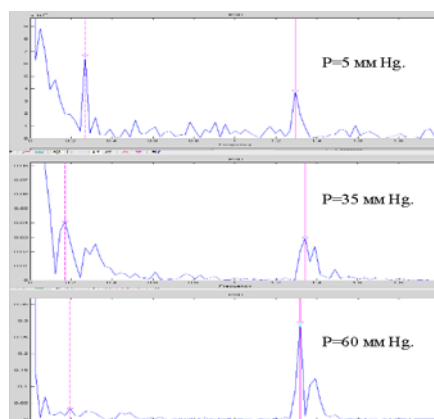


Рис.2 Спектрограммы плотности мощности

ветствующих сосудов. В спектрограммах видно изменение абсолютных значений уровней пиков и соотношений между ними. Во всех случаях проведенных исследований (30 человек) регистрируемые низкочастотные процессы соответствовали частотному диапазону волн (6–14) /мин., разброс которых объясняется индивидуальными особенностями пациентов. Отмеченные факты можно интерпретировать разным вкладом в общую ответную реакцию разных тканей плечевой области на ОБ и проявлением различных механизмов действия ответной реакции при разных уровнях внешнего давления.

Выводы. Представленные материалы и результаты показывают принципиальную возможность проведения исследований состояния организма, связанного с объемными изменениями в тканях и сосудах плечевой области, возможность разделения регистрируемых процессов путём создания разных уровней давления на ткани и выделения характерных медленно и быстро происходящих процессов в тканях методами спектрального преобразования. Результаты исследований можно характеризовать: частотами пиков, полосами частот, включающих эти пики, абсолютными значениями амплитуд пиков, их соотношением и другими спектральными показателями.

Автор благодарит профессора Е.П. Попечителя за помощь в работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Попечитель Е.П.* Исследование процессов периферического кровообращения верхней конечности / Е. П. Попечитель, А. В. Чащин // Вестник новых медицинских технологий. Тула. – 2006. – Вып. 1. – С. 20–24.
2. *Попечитель Е.П.* Моделирование гемодинамических процессов в верхней конечности при измерениях артериального давления окклюзионными методами / *Е. П. Попечитель, А. В. Чащин* // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – М. – 2006. – №1. – С. 7–15.
3. *Чащин А.В.* Комплексное решение вопросов исследования состояния гемодинамики устройствами измерения артериального давления // Материалы III научно-практической конференции "Аппаратура и методы медицинского контроля и функциональной диагностики состояния человека в экстремальных условиях". – СПб, – 2005. – С. 88–90.
4. *Penaz. J.* //In Dig.10th Int. Conf. Med.Biol. Engl. – Drezden. – 1973. – P.104.

УДК 612.76

Е.А. Лебедева

ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР БРЮШНОЙ СТЕНКИ В ГЕРНИОЛОГИИ

Герниология – раздел хирургии, изучающий этиологию, патогенез и локализацию грыж живота и разрабатывающий методы их лечения и профилактики. Проблема лечения грыж брюшной стенки до сих пор привлекает внимание хирургов всего мира. Это можно объяснить большой распространенностью данной патологии и частичной неудовлетворенностью результатами операций, а также отмечаемой в последнее время тенденцией к росту заболеваемости грыжами. Это обусловлено увеличением числа людей пожилого и старческого возраста с присущими им хроническими заболеваниями органов дыхания и кровообращения, мочевыводящей системы, а также болезнями обмена веществ (ожирение, сахарный диабет), что способствует расхождению фасциального футляра мышц передней брюшной стенки. С другой стороны, увеличение количества оперативных вмешательств на органах брюшной полости уже само по себе привело к большому количеству грыж в