

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель министра

\_\_\_\_\_ Р.А. Часнойть  
6 марта 2008 г.  
Регистрационный № 105-1006

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА НАРУШЕНИЙ ГЕМОДИНАМИКИ  
И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ  
У НОВОРОЖДЕННЫХ, ПЕРЕНЕСШИХ ТЯЖЕЛУЮ  
ПЕРИНАТАЛЬНУЮ ГИПОКСИЮ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК: ГУ «Республиканский научно-практический  
центр «Мать и дитя»

АВТОРЫ: канд. мед. наук, доц. К.У. Вильчук, канд. мед. наук  
М.Г. Девялтовская, канд. мед. наук Н.И. Курец, А.С. Харамоненко

Минск 2008

**Метод рекомендуется** для неонатологов, детских реаниматологов, педиатров родовспомогательных и лечебно-профилактических учреждений 2 и 3 уровня.

**Научная новизна:** экспресс-диагностика, комплексная оценка и коррекция гемодинамических нарушений у новорожденных, перенесших тяжелую перинатальную гипоксию, с помощью компьютерной обработки результатов тетраполярной реографии.

### **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РЕАКТИВОВ, ПРЕПАРАТОВ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ**

IBM-совместимый компьютер.

Реограф Р4-02.

Аналогоцифровой преобразователь УС-2.

Пакет прикладных программ «ИМПЕКАРД-детский»;

Пакет прикладных программ «РЕГИОН».

### **ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ**

- Во всех случаях проведения инфузионной терапии и реанимационных мероприятий.
- При назначении вазоактивных препаратов.

### **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ**

Нет.

### **ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА**

- 1) экспресс-диагностика и динамическое наблюдение за быстро изменяющимися показателями центрального и периферического кровообращения;
- 2) возможность диагностики скрытых гемодинамических изменений до развития минимальных клинических признаков и прогноз гемодинамических нарушений;
- 3) оценка показателей центральной и периферической гемодинамики и составление индивидуальной программы инфузионной и кардиотонической терапии согласно выявленным циркуляторным нарушениям;
- 4) своевременная оценка эффективности инфузионной и кардиотонической терапии и изменение лечебной тактики с целью оптимизации коррекции гемодинамических нарушений;
- 5) неинвазивность метода;
- 6) автоматизированная обработка результатов;
- 7) простота использования: метод позволяет обходиться без привлечения врача функциональной диагностики. Правила пользования пакетами прикладных программ настолько просты, что ими легко и быстро может овладеть любой работник со средним медицинским образованием;
- 8) высокая информативность и чувствительность программы, высокая степень формализации получаемых данных;

9) в результате компьютерного анализа показателей периферического кровотока исследователь получает заключение с готовой интерпретацией полученных цифровых данных по семи показателям и возможными причинами их изменения и сразу может применять их для коррекции проводимой терапии.

## **ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБА**

Для оценки состояния **центральной гемодинамики** используется программа «Импекард-детский». Подробное описание технологии использования программы и коррекции наиболее часто встречающихся патологических режимов кровотока изложено в «Инструкции по ранней интенсивной терапии гемодинамических нарушений при гипоксических состояниях у новорожденных» (Г.А. Шишко и соавт., 2005).

Для оценки состояния **периферической гемодинамики** используется программа «РЕГИОН». Пакет прикладных программ (ППП) «РЕГИОН» создан для компьютерного анализа и автоматизированной расшифровки реовазографической волны с любого исследуемого участка конечности (рука, нога, палец). Данная программа позволяет произвести анализ регионарного и периферического кровотока у пациентов, изучить состояние тонуса артериальной сосудистой стенки, выявить соотношение артериального притока и венозного оттока крови из исследуемого участка конечности, а также получить количественную характеристику унифицированных параметров удельного периферического объемного кровотока, соотнесенных к 1 см<sup>3</sup> тканей конечности, и протдиагностировать на ранних стадиях развития не видимое глазом начало обезвоживания или отечности тканей больного (авторское свидетельство на изобретение СССР № 1533652; 1988 г.).

Программа «РЕГИОН» — высокоинформативна и весьма чувствительна. Поэтому к условиям регистрации реовазографической кривой предъявляются особо жесткие требования, при нарушении которых разработчик не несет ответственности за правильность компьютерной интерпретации реовазографических кривых и параметров регионарного кровотока.

Особую ценность применение ППП «РЕГИОН» имеет при использовании:

- в динамике обследований у одного и того же пациента (до начала, в процессе и после окончания лечения);
- при сравнении состояния гемодинамики на симметричных участках левой и правой конечностей;
- при проведении хирургической коррекции сосудистого русла;
- при назначении вазоактивных препаратов;
- во всех случаях проведения инфузионной терапии и реанимационных мероприятий;
- программа оказывает существенную помощь практическому врачу при выявлении возрастных изменений сосудистого тонуса, уровня кровотока и нарушений венозного оттока крови в конечностях.

## Клиническая интерпретация данных регионарной реографии

В компьютерный анализ включаются в среднем около 30–35 сердечных комплексов, в каждом из которых происходит определение 6 опорных диагностических точек, измерение 12 параметров объемной и дифференциальной реограмм и расчет 11 показателей регионарной гемодинамики. За 0,3 с компьютер производит 300 измерений параметров и характеристик реографических кривых и 975 расчетов показателей гемодинамики. Для аналогичной работы врачу функциональной диагностики потребуется как минимум 12,5 рабочих часов. Таким образом, производительность и эффективность работы ППП «РЕГИОН» в 1,5 миллиона раз выше, чем у врача высокой квалификации.

С помощью ППП «РЕГИОН» исследователь получает усредненные значения следующих **параметров периферического кровотока**:

*УСК — удельное сопротивление крови (Ом/см)*

УСК высчитывается компьютером по специальной формуле в зависимости от величины гематокрита или количества эритроцитов. УСК практически никак не связано с показателями свертывающей системы крови, это сугубо физико-химическая характеристика электропроводных свойств крови.

*Z — импеданс тканей сегмента конечностей (Ом)*

Импеданс — это сопротивление зондирующему высокочастотному (40 000 Гц) электрическому току, оказываемое тканями исследуемого сегмента конечности, заключенного между внутренними электродами. Импеданс прямо пропорционально зависит от величины  $L$ . Чем хуже контакт между электродами и кожей пациента, тем выше импеданс.  $Z^2$  входит в знаменатель формул расчета УПО и МПК.

*C — величина окружности исследуемого участка конечности (см)*

Окружность конечности необходима для расчета компьютером объема исследуемого сегмента конечности, заключенного между регистрирующими электродами, и входит в знаменатель формул расчета УПО и МПК.

*ЧСС — частота сердечных сокращений (уд/мин)*

Рассчитывается компьютером по величине интервала между пиками осцилляций дифференциальной реограммы, входит в знаменатели формул расчета МПК, ООП и АЧП.

*УПО — удельный пульсовый объем (мкл/см<sup>3</sup>)*

Сложный интегрированный объемный показатель, характеризующий количество микролитров (0,001 мл) крови, поступающей в 1 см<sup>3</sup> тканей исследуемой конечности за 1 сердечное сокращение. В его расчете участвуют величины УСК,  $L$ ,  $Z$ ,  $C$ , высота положительного зубца дифференциальной реограммы ( $A$ ), время изгнания крови из сердца ( $T$ ) {интервал от желтой до голубой точки}, амплитуда калибровочного сигнала ( $K$ ), масштабный коэффициент перерасчета ( $1000 \times 4 \times 3,141 = 12566,37$ ).

$$\text{УПО} = \text{УСК} \times A \times T \times L \times 12566,37 \div Z^2 \div C^2 \div K.$$

Универсальность и унифицированность УПО заключается в возможности его применения у разных групп населения, вне зависимости от типа и размера

реографических электродов и марки реографа. Применение УПО в клинической практике защищено авторским свидетельством на изобретение (СССР № 1533652; 1988 г.)

*МПК — минутный периферический кровоток (мкл/мин/см<sup>3</sup>)*

Сложный интегрированный объемный показатель, характеризующий количество микролитров (0,001 мл) крови, поступающей в 1 см<sup>3</sup> тканей исследуемой конечности за 1 мин. В его расчете участвуют величины УСК, L, Z, C, ЧСС, высота положительного зубца дифференциальной реограммы (А), время изгнания крови из сердца (Т) {интервал от желтой до голубой точки}, амплитуда калибровочного сигнала (К), масштабный коэффициент перерасчета (12566,37).

$$\text{МПК} = \text{УПО} \times \text{ЧСС}$$

Так же как и УПО, МПК является унифицированным показателем, характеризующим количественный кровоток в исследуемом сегменте тканей конечности. Чем выше МПК, тем лучше кровоснабжение данного участка.

*РСИ — реографический систолический индекс*

Относительный показатель, который рассчитывается компьютером по отношению величины систолической волны (Н) {высота от изолинии до зеленой точки} объемной реограммы к величине калибровочного сигнала (К). РСИ характеризует величину кровенаполнения артериальных сосудов, систолический приток крови в исследуемый участок конечности, степень раскрытия сосудов и интенсивность кровообращения.

РСИ обратно пропорционален тону артериальной сосудистой стенки: увеличен при пониженном тоне и артериовенозных свищах; снижен при повышении тонического напряжения стенки сосудов (эндартериит, гипертоническая болезнь, атеросклероз), при сердечной недостаточности, увеличении периферического сосудистого сопротивления и болезнях вен.

*ООП — относительный объемный пульс*

Относительный показатель интенсивности кровенаполнения артериальных сосудов в исследуемом участке конечности. Вычисляется компьютером по отношению высоты положительного зубца (А) дифференциальной реограммы (соотнесенной с величиной (К) калибровочного сигнала) к импедансу тканей (Z) и интервалу между сердечными сокращениями (R–R).

$$\text{ООП} = \text{А} \times \text{ЧСС} \div \text{Z} \div \text{K} \div 60.$$

Характеризует пульсовой прирост объема крови за единицу времени и прямо пропорционален степени кровенаполнения артериальных сосудов.

*АЧП — амплитудно-частотный показатель (Ом/с)*

Относительный параметр, характеризующий как интенсивность кровообращения, так и сосудистое тоническое напряжение в исследуемом участке конечности. Рассчитывается компьютером как отношение высоты систолической волны (Н) {расстояние от изолинии до зеленой точки} объемной реограммы к величине калибровочного сигнала (К) и ЧСС.

$$АЧП = Н \times ЧСС \div К.$$

Пропорционально характеризует объем кровотока (снижается при уменьшении количества крови, поступающей в исследуемый сегмент конечности).

*МАП — межамплитудный показатель*

Относительный параметр, характеризующий степень преобладания артериального (систолического) притока крови над диастолическим (венозным) оттоком. Высчитывается компьютером по соотношению высот систолической (Н) {расстояние от изолинии до зеленой точки} и диастолической (h) {расстояние от изолинии до красной точки} волн объемной реограммы.

МАП обратно пропорционален артериальному тону мелким сосудам, снижение МАП указывает на возникновение угрозы развития застойных явлений в данном участке конечности, а увеличение характерно для пареза вен.

*ИПС — индекс периферического сопротивления (дикротический индекс)*

Относительный показатель, характеризующий периферическое сосудистое сопротивление, т.е. тонус мелких сосудов (артериол). Рассчитывается компьютером как отношение высоты от изолинии до точки диастолической инцизуры (впадины) на объемной реограмме ( $h_n$ ) {расстояние от изолинии до голубой точки} к высоте ее систолического зубца (Н) {зеленая точка}.

ИПС увеличивается при гипертонической болезни, атеросклерозе и повышении тонуса сосудистой стенки артериол, пропорционален тоническому напряжению венозной сосудистой стенки, обратно пропорционален степени эластичности сосудов.

*АКП — анакротно-катакротный показатель*

Относительный параметр, характеризующий состояние тонуса сосудистой стенки, ее эластичность, упругость, способность возвращаться к исходному состоянию после прохождения по сосуду систолической волны крови. Высчитывается компьютером как соотношение времени анакротического подъема объемной реографической кривой {интервал от желтой до зеленой точки} и времени ее катакротического спуска {интервал от зеленой до желтой точки}. Характеризует эластотонические и структурные свойства сосудов.

Величина АКП снижается при затруднении венозного оттока крови из исследуемого участка конечности, при заболеваниях вен, уменьшении тонуса их стенки. АКП возрастает при эндартериите, гипертонической болезни, атеросклерозе и увеличении периферического сопротивления току крови.

*ИВН — индекс времени наполнения*

Относительный показатель, характеризует состояние тонуса крупных и мелких артериальных сосудов в исследуемом регионе. Рассчитывается компьютером как соотношение периода быстрого {интервал от желтой до синей точки} и медленного наполнения {интервал между синей и зеленой точками}. Обратно пропорционален тону сосудов.

ИВН возрастает при повышении тонуса сосудистой стенки и снижении сократительной способности миокарда. Уменьшение ИВН указывает на

снижение тонуса крупных сосудов при повышении тонического напряжения мелких сосудов (артериол).

*ПДТ — показатель дегидратации тканей (Ом/см<sup>3</sup>)*

Сложный интегрированный объемно-относительный параметр, характеризующий количество тканевой жидкости в 1 см<sup>3</sup> тканей исследуемой конечности. В его компьютерном расчете участвуют величины Z, C, L и масштабный коэффициент перерасчета (12,56637).

$$\text{ПДТ} = Z \times 12,56637 \div C^2 \div L.$$

Универсальность и унифицированность ПДТ заключается в возможности его применения у разных групп населения вне зависимости от типа и размера реографических электродов и марки реографа. Применение ПДТ в клинической практике защищено авторским свидетельством на изобретение СССР (№ 1533652; 1988 г.).

ПДТ — высокоинформативный параметр периферического и регионарного кровотока. Он позволяет диагностировать начальные проявления визуально скрытого отека тканей (при снижении ПДТ) или начало развития обезвоженности организма (при увеличении ПДТ). Это особенно важно для динамического контроля за объемом, темпом и составом инфузионной терапии, при назначении диуретических и сердечно-сосудистых препаратов, а также во всех случаях выполнения полостных оперативных вмешательств и проведения реанимационных мероприятий. По величине ПДТ можно судить о гидрофильности тканей конечности.

**Использование метода комплексной оценки состояния центральной и периферической гемодинамики с помощью компьютерной обработки результатов тетраполярной реографии** позволяет выявить основные типы гемодинамических нарушений:

- 1) гиповолемия, гиповолемический шок;
- 2) кардиогенный шок;
- 3) острая левожелудочковая недостаточность;
- 4) стойкая легочная гипертензия и персистенция фетальных коммуникаций;
- 5) нарушение сократительной и релаксационной функции левого желудочка;
- 6) дисфункция миокарда со снижением сердечного выброса;
- 7) уменьшение сократительной способности миокарда;
- 8) снижение венозного возврата;
- 9) увеличение общего периферического сопротивления (ОПС);
- 10) централизация кровообращения со снижением регионарной перфузии;
- 11) нарушения периферического и регионарного кровотока с начальными проявлениями гипер- или гипогидратации тканей.

У новорожденных, перенесших тяжелую перинатальную гипоксию, наиболее часто встречаются следующие **варианты гемодинамических нарушений**:

1. Рост общего периферического сопротивления, тахикардия; объемный кровоток (показатели УПО, МПК, АПЧ) «снижен», интенсивность кровенаполнения артериальных сосудов (ООП) «снижена», регуляция тонуса сосудов (РСИ, МАП, ИВН) «нарушена», периферическое сосудистое сопротивление (ИПС) «снижено», венозный отток (АКП) «снижен». Эти гемодинамические нарушения наблюдаются у 60% новорожденных, получающих дофамин в дозах 2–12,5 мкг/кг/мин. Они свидетельствуют о чрезмерной  $\alpha$ -адреностимуляции и наличии артериовенозного шунтирования, что требует **снижения дозы титруемого дофамина**. Дозу кардиотоника следует уменьшать поэтапно на 2–2,5 мкг/кг/мин до нормализации реографических показателей. Одновременно необходимо **увеличивать волемическую нагрузку** для поддержания системного артериального давления.

2. Повышенное диастолическое наполнение левого желудочка (ДНЛЖ), умеренное снижение индекса кровоснабжения (ИК) и среднего артериального давления (САД); объемный кровоток (показатели УПО, МПК, АПЧ) «снижен», интенсивность кровенаполнения артериальных сосудов (ООП) «снижена», реографический систолический индекс (РСИ) «снижен», индекс периферического сопротивления умеренно повышен, венозный отток (АКП) резко «снижен», гидрофильность тканей (ПДТ) «повышена». Эти гемодинамические нарушения свидетельствуют об угрозе развития сердечной недостаточности и наличии скрытых отеков, что требует **уменьшения объема инфузионной терапии, снижения дозы титруемого дофамина** и включения в терапию **добутамина**, избирательно стимулирующего  $\beta$ -1-адренорецепторы миокарда. Объем вводимой жидкости при этом нельзя уменьшать ниже 80% физиологической потребности. Если у ребенка сохраняется патологическая прибавка массы тела, симптомы отека легких, снижение почасового диуреза (менее 1 мл/кг/ч), следует назначать лазикс в однократной дозе 1 мг/кг.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИЛИ ОШИБОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

Программы весьма чувствительны, поэтому к условиям регистрации реовазографических кривых предъявляются особо жесткие требования, при несоблюдении которых нарушается правильность компьютерной интерпретации реовазографических кривых и параметров регионарного кровотока.