

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕОВАЗОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА АДАПТАЦИЕЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ НАГРУЗКЕ У СПОРТСМЕНОВ

Калюжин В.Г., канд. мед. наук, доцент,

Воскресенская Т.В., канд. мед. наук, доцент,

Попова Г.В., ,

Белорусский государственный университет физической культуры,
Республика Беларусь

Для контроля за эффективностью мышечной работы во время тренировочного процесса у спортсменов особое значение имеет своевременная информация об изменении периферического кровотока в мышцах конечностей. Такие сведения можно получить, анализируя запись периферической реовазограммы спортсмена. Однако слабым звеном здесь является необходимость проведения большого количества замеров амплитудных и временных характеристик реографических волн, суммирование и усреднение результатов и сложные математические расчеты показателей по формулам. На весь этот процесс дополнительно к самой съемке реовазограммы уходит 20–25 минут кропотливого труда, что резко снижает возможности применения этого крайне информативного метода в реальной практике тренировочного процесса.

Поэтому при нашем участии была создана программа «REGION» для компьютерного анализа и автоматизированной расшифровки реовазографической волны с любого исследуемого участка конечности спортсмена. Данная программа позволяет произвести анализ регионарного и периферического кровотока у спортсменов, 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 в отношении к 1 см^3 тканей конечности и продиагностировать на ранних стадиях развития еще не видимое глазом начало обезвоживания или отека мышечной ткани спортсмена.

Программа «REGION» высокоинформативна и весьма чувствительна. Особую ценность в спортивно-тренировочной подготовке программа имеет при использовании:

- в динамике обследований у одного и того же спортсмена (до начала, в процессе и после окончания проведенной тренировки),
- при сравнении состояния гемодинамики на симметричных участках левой и правой конечностей,
- во всех случаях проведения интенсивного тренировочного процесса.

Программа оказывает существенную помощь спортивному врачу при диагностике нагрузочных изменений сосудистого тонуса, уровня кровотока и нарушениях венозного возврата крови в конечностях.

Программа «REGION» позволяет обходиться без привлечения врача функциональной диагностики. Правила пользования ППП настолько просты, что ими легко и быстро может овладеть любой работник со средним образованием.

Для регистрации регионарной реовазограммы используются стандартные электроды и модифицированная входная колодка к реографу. Модификация заключается в попарной жесткой распайке на штекере СШ-5, что позволяет полностью исключить возможность перепутывания электродов при подключении к входной колодке.

Перед наложением электродов производится измерение окружности исследуемого участка конечности сантиметровой лентой. Кожа в месте наложения электродов смачивается электродным гелем (при необходимости гель можно заменить 0,9-процентным физиологическим раствором). Наиболее удобными для регистрации реовазограмм являются области запястья на руках и лодыжек на ногах, так как они имеют самое дистальное расположение. Электроды размещаются на исследуемых областях симметрично, одновременно на левой и правой конечностях и защелкиваются крючком так, чтобы было обеспечено несильное давление электрода на кожу (при сильном пережатии электродами участка конечности возможно изменение или нарушение венозного оттока крови, что приводит к искажению получаемой информации). Подключение электродов к входной колодке реографа производится последовательно от левой, а затем – от правой конечности.

В компьютерный анализ включаются, в среднем, около 25 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 долю секунды компьютер производит более 300 измерений параметров и характеристик реографических кривых и свыше 1000 расчетов показателей гемодинамики.

С помощью программы «REGION» исследователь получает усредненные значения следующих параметров периферического кровотока:

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 ($\text{мкл}/\text{см}^3$) – сложный интегрированный объемный показатель, характеризующий количество микролитров (0,001 мл) крови поступающей в 1 см^3 мышечных тканей исследуемой конечности за 1 сердечное сокращение.

Универсальность и унифицированность УПО заключается в возможности его применения у разных групп спортсменов, вне зависимости от типа и размера реографических электродов и марки реографа.

МПК – минутный периферический кровоток ($\text{мкл}/\text{мин}/\text{см}^3$) – сложный интегрированный объемный показатель, характеризующий количество микролитров (0,001 мл) крови, поступающей в 1 см^3 тканей исследуемой конечности за 1 минуту. 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 соотношению величины систолической волны объемной реограммы к величине калибровочного сигнала. 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 увеличении 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 соотношению высоты положительного зубца дифференциальной реограммы (соотнесенной с величиной калибровочного сигнала) к импедансу тканей и интервалу между сердечными сокращениями (ЧСС). ООП характеризует пульсовый прирост объема крови за единицу времени и прямо пропорционален степени кровенаполнения артериальных сосудов.

АЧП – амплитудо-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 объемной реограммы к величине калибровочного сигнала и ЧСС. АЧП пропорционально характеризует объем кровотока (снижается при уменьшении объема крови, поступающей в исследуемый сегмент конечности).

МАП – межамплитудный показатель – относительный параметр, характеризующий степень преобладания артериального (систолического) притока крови над диастолическим (венозным) оттоком. Вычисляется компьютером по соотношению высот систолической и диастолической волн объемной реограммы. МАП обратно пропорционален артериальному тону мелких сосудов, снижение МАП указывает на возникновение угрозы развития застойных явлений в данном участке конечности, а возрастание МАП 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 соотношение высоты от изолинии до точки диастолической инцизуры (впадины) на объемной реограмме к высоте ее систолического зубца. ИПС увеличивается при гипертонической болезни, атеросклерозе и повышении тонуса сосудистой стенки артериол, пропорционален тоническому напряжению венозной сосудистой стенки, обратно пропорционален степени эластичности сосудов.

АКП – анакотно-катакотно-показатель – относительный параметр, характеризующий состояние тонуса сосудистой стенки, ее эластичность, упругость, способность возвращаться к исходному состоянию после прохождения

по сосуду систолической волны крови. Вычисляется компьютером как соотношение времени анакротического подъема объемной реографической кривой ко времени ее катакротического спуска. Характеризует эластотонические и структурные свойства сосудов. Величина АКП снижается при затруднении венозного оттока крови из исследуемого участка конечности, при заболеваниях вен, снижении тонуса их стенок. 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 наполнения к периоду медленного наполнения. Обратен пропорционален тонусу 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 ($\text{Ом}/\text{см}^3$) – сложный интегрированный объемно-относительный параметр, характеризующий количество тканевой жидкости в 1 см^3 мышечной ткани исследуемой конечности. ПДТ – высокоинформативный параметр периферического и регионарного кровотока. Он позволяет диагностировать начальные проявления визуально скрытого отека мышц (при снижении ПДТ) или начало развития обезвоженности мышечной ткани (при увеличении ПДТ). Это особенно важно для динамического контроля за объемом и темпом тренировочных нагрузок, динамикой проведения тренировочного процесса, при назначении различных комплексов упражнений.

По величине ПДТ можно судить о гидрофильности (отечности) мышечной ткани конечности и, соответственно, о процессах восстановления в мышцах при тренировках.

Универсальность и унифицированность ПДТ заключается в возможности его применения у разных групп спортсменов, вне зависимости от типа и размера реографических электродов и марки реографа. Применение ПДТ в клинической практике защищено авторским свидетельством на изобретение СССР № 1533652 и патентом Республики Беларусь [1].

1. Способ оценки периферической гемодинамики: пат. Респ. Беларусь № а 20030641 от 24.06.2003 / В.Н. Сидоренко, В.Г. Калюжин, Е.С. Гомон.