

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ ФОРМУЛЫ РАСЧЕТА СРЕДНЕГО ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Рассматриваются причины затруднений в применении традиционных способов расчета среднего гемодинамического давления (Рсгд) артериальной крови для условий выполнения нагрузочных функциональных проб, а также возможности и особенности применения новой формулы (Семеновича-Комяковича) для определения Рсгд. Отличительным моментом новой формулы является учет показателя частоты сердечных сокращений и использование переменного множителя для пульсового давления. Отмечается универсальность этой формулы, пригодность для расчета Рсгд не только для условий покоя, но и для интенсивных физических нагрузок. Рассматриваются возможности ее применения для тестирования функциональных резервов сердца и оценки результатов тех функциональных проб, в которых приходится учитывать и сопоставлять показатели кровяного давления и частоты сердечных сокращений. Отмечается наличие высокой степени корреляции между расчетными показателями среднего гемодинамического давления и уровнем потребления кислорода.

Ключевые слова: артериальное давление, среднее гемодинамическое давление, тестирование резервов сердца.

A. A. Semenovich

APPLICATION OF A NEW FORMULA FOR MEAN HEMODINAMIC PRESSURE CALCULATION WHEN TESTING THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF CIRCULATION

The reasons of difficulties in traditional ways of mean hemodynamic pressure calculation for the state of exercise functional tests performance are considered as well as possibilities and peculiarities of a new formula application (Semenovich – Komjakovich formula) for calculation of mean hemodynamic arterial blood pressure. The distinctive feature of the new formula is the heart rate taking into account and using of variable multiplier for the pulse pressure. The universal application of this formula is shown for both resting condition and intensive physical activity. The possibilities of the formula application are considered for the heart functional reserves testing and for evaluation of functional tests indices when it is necessary to observe and relate the systolic and diastolic blood pressure and a heart rate. Existence of high degree of correlation between the calculated values of average hemodynamic pressure and level of consumption of oxygen is noted.

Key words: arterial blood pressure, mean hemodynamic pressure, heart reserves testing.

Показатель среднего гемодинамического артериального давления (Рсгд) необходим как для определения движущей силы кровотока, так и расчета общего периферического сопротивления кровотоку. Количественный учет этих основных факторов, влияющих на гемодинамику, востребован при оценке эффективности и адекватности применения ряда терапевтических средств, а также при оценке результатов некоторых функциональных проб. Однако, в условиях обычной врачебной практики, использование показателя Рсгд весьма ограничено. Одной

из причин этого является неоднозначность формул, рекомендованных и применяемых для расчета Рсгд разными авторами. В настоящее время для этих целей наиболее часто используются формулы: Хикема [$R_{сгд} = R_d + P_p / 3$] и Савицкого [$R_{сгд} = R_d + P_p / 2$], реже формулы Вецлера-Богера [$R_{сгд} = 0,42 R_d + 0,58 P_p / 3$], Роднея и соавт. [$R_{сгд} = (2R_d + P_p) / 3$] и их производные. В них учитывается лишь систолическое (Рс), диастолическое (Рд) и пульсовое (Рп) давления [1, 2, 4]. Чем выше показатель систолического давления, тем больше различаются, полученные по приве-

денным формулам результаты. Общим недостатком этих формул является статичность, отсутствие учета частоты сердечных сокращений (ЧСС) и функционального состояния пациента. Нами (Семенович А. А., Комякович А. П., 2011 г.) выведена формула [5] расчета $R_{сгд}$, лишенная этих недостатков и применимая как для условий покоя, так и интенсивной физической нагрузки.

Целью настоящего сообщения является обоснование возможностей и преимуществ расчета $R_{сгд}$ по формуле Семеновича-Комяковича [5] при тестировании резервов сердечнососудистой системы, а также при оценке результатов функциональных проб, требующих интегрального учета динамики R_c , R_d и ЧСС.

Материал и методы

Исследование выполнено на основе материалов, полученных при велоэргометрическом тестировании спортсменов (42 футболиста, возраст 18–29 лет) и практически здоровых молодых людей (15 человек, возраст 18–24 года) не занимающихся спортом. При работе со спортсменами давалась непрерывно нарастающая (со скоростью 10 Вт/мин), до отказа или прекращения тестирования по стандартным показаниям, физическая нагрузка. При работе с молодыми людьми, не занимающимися спортом, давалась нарастающая физическая нагрузка до мощности рассчитанной согласно стандарту пробы PWC170. Испытуемые имели врачебный допуск к тестированию и врачебный контроль при его выполнении. Исследование выполнено с помощью комплекса приборов Cardiovit CS-100 фирмы Шиллер.

В ходе выполнения теста непрерывно регистрировались ЭКГ, частота и глубина дыхания, его минутный объем, содержание O_2 и CO_2 в выдыхаемом воздухе, ежеминутно определялось артериальное кровяное давление (электронным измерителем, входящим в велоэргометрический блок компьютерной системы). Определялся кислородный пульс и уровень молочной кислоты в забираемой из пальца крови до, во время и после нагрузки. С помощью пульсоксиметра контролировался уровень оксигенации гемоглобина артериальной крови.

Результаты и обсуждение

При выработке формулы пригодной для расчета $R_{сгд}$ применительно не только к условиям покоя, но и к условиям интенсивной физической работы, критерием было взято сопоставление

нарастания R_c , R_d , R_p и ЧСС с изменением потребления кислорода, и комплекса других показателей (оксигенация гемоглобина, дыхательный и вентиляторный коэффициенты по O_2 и CO_2 и т. д.) по которым, в условиях выполнения испытуемым физической нагрузки, можно судить о степени обеспечения тканей кислородом и, следовательно, об уровне достаточности в них кровотока. Выведенная нами [5] формула имеет вид:

$$R_{сгд} = R_d + (R_p \cdot ЧСС / 230) + (ЧСС - 100) / R_p - (ЧСС - 100) / 10.$$

Формула отличается тем, что наряду с показателями давления используется ЧСС и переменный множитель для R_p . Цифра 230, с которой соотносится ЧСС является производной от известного ориентира по максимальной ЧСС (200–250), до которой еще может нарастать (или сохраняться эффективной) насосная функция миокарда при физических нагрузках. Опробовав коэффициенты от 200 до 250, мы обнаружили, что наиболее адекватным из них является – 230.

Одним из ориентиров для оценки адекватности расчета $R_{сгд}$ по формуле Семеновича-Комяковича может служить высокий ($0,90 \pm 0,01$) уровень корреляции нарастания $R_{сгд}$ с величиной потребления кислорода при нарастающей физической нагрузке. В тех же условиях аналогичные показатели корреляции при расчете $R_{сгд}$ по формулам Хикема, Савицкого, Вецлера-Богера, были гораздо ниже ($P < 0,01$), составляя соответственно $0,56 \pm 0,07$; $0,66 \pm 0,05$; $0,68 \pm 0,05$.

При низкой ЧСС (60–70), рассчитанные по нашей формуле, показатели $R_{сгд}$ практически совпадают со значениями, рассчитанными по формуле Хикема; при частоте 90 – по формуле Вецлера-Богера; при частоте 100–120 совпадают или близки со значениями, рассчитанным по формуле Савицкого; а при ЧСС больше 120 – превышают показатели, рассчитанные по всем выше приведенным формулам. Такое увеличение $R_{сгд}$ при физической нагрузке следует ожидать исходя из ряда известных фактов: 1) при увеличении ЧСС соотношение периодов систола / диастола смещается [1, 4] в пользу нарастания доли систола (например, при увеличении ЧСС с 60 до 120 сокращений длительность доли систола в сердечном цикле увеличивается с 32% до 46%); 2) при интенсификации работы линейная скорость тока крови возрастает и все большая часть гемодинамической силы аккумулируется не в боковом давлении, а в кинетической энергии струи крови [3, 4]. Из этого следует, что

□ Оригинальные научные публикации

вклад показателя систолического давления в величину Рсгд должен увеличиваться и формулы, не учитывающие ЧСС, вряд ли будут корректными для расчета Рсгд при физической нагрузке.

В ряде случаев удобнее, не вычисляя отдельно пульсовое давление, использовать лишь показатели Рс и Рд. Тогда формула Семеновича-Комяковича принимает вид:

$$\text{Рсгд} = \text{Рд} + (\text{Рс} - \text{Рд}) \cdot \text{ЧСС}/230 + (\text{ЧСС} - 100)/(\text{Рс} - \text{Рд}) - (\text{ЧСС} - 100)/10.$$

Определив Рсгд, мы получаем информацию о движущей силе кровотока. Показатель весьма эффективный для суждения о насосной функции сердца, и его энергетических возможностях а, следовательно, и о коронарном кровотоке.

Исходя из основной формулы гемодинамики: $\text{МОК} = \text{Рсгд} / \text{ОПСС}$ (где МОК – минутный объем кровотока, ОПСС – общее периферическое сопротивление), становится очевидным то, что сопоставляя скорость нарастания Рсгд со скоростью увеличения мощности физической нагрузки (в пересчете на единицу массы или поверхности тела испытуемого), можно судить о том, какой вклад в увеличение минутного объема кровотока вносит работа сердца и какой – изменение (уменьшение) периферического сопротивления кровотоку. Трактовка результатов облегчается, если сделать поправку на исходное Рсгд, имеющееся у испытуемого в покое. После внесения такой поправки у нашей категории испытуемых показатель нарастания Рсгд на единицу (1 Вт/кг) нарастания мощности работы составил $28 \pm 1,3$ мм рт. ст. и почти не изменялся на протяжении увеличения нагрузки в пределах от 1 до 3 Вт/кг. У спортсменов прирост Рсгд в диапазоне нагрузок от 1 до 2 Вт/кг не имел достоверного отличия от прироста давления крови у нетренированных молодых людей.

Применение нашей формулы может быть эффективным как при тестировании резервов сердца, так и при проведении функциональных проб, не использующих физическую нагрузку, в которых приходится учитывать и сопоставлять динамику Рс, Рд и ЧСС. В таких случаях формула сводит эти составляющие к единому интегральному показателю, отражающему как насосную функцию сердца, так и направленность изменений вегетативного тонуса.

Вычисление Рсгд по формуле Семеновича-Комяковича также может способствовать более адекватной оценке значимости изменений Рс и Рд при лекарственной коррекции самых раз-

ных вегетативных нарушений. Рассмотрим пример: у больного гипертонией исходные фоновые показатели Рс = 160, Рд = 95 мм рт. ст., ЧСС = 60, после приема лекарственного препарата Рс и Рд составили соответственно 150 и 95 мм рт. ст., а ЧСС – 85. Тогда фоновое Рсгд у пациента составляет 115 мм рт. ст., а после приема препарата – 117 мм рт. ст., т. е. не уменьшилось, а даже увеличилось на 2 мм рт. ст. Такой результат можно трактовать как свидетельство того, что препарат не оказал благоприятного влияния на ОПСС, а снижение систолического давления, вероятнее всего, вызвано уменьшением наполнения желудочков сердца в диастолу, из-за ее значительного укорочения при возросшей ЧСС. Эта информация может быть использована при подборе наиболее адекватных лекарственных препаратов.

Таким образом, способ расчета Рсгд по формуле Семеновича-Комяковича обладает рядом новых возможностей по сравнению с традиционно используемыми способами расчета по формулам Хикема, Савицкого и других авторов.

Новая формула учитывает функциональное состояние на основе использования показателя ЧСС. В результате она становится применимой не только для состояния покоя, но и предельно интенсивных физических нагрузок, дает высокие показатели корреляции нарастания Рсгд с показателями нарастания потребления кислорода.

Наша формула также может использоваться для оценки реакции сердечно-сосудистой системы на применение лекарственных препаратов, и при обработке результатов выполнения безнагрузочных тестов, требующих интегрального учета динамики Рс, Рд и ЧСС.

Литература

1. Аулик, И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 191 с.
2. Джанашия, П. Х., Потешкина Н. Г., Селиванова Г. Б. Артериальная гипертензия. – М.: Миклош, 2010. – 168 с.
3. Морман, Д., Хеллер Л. Физиология сердечно-сосудистой системы. – СПб.: Питер, 2000. – 256 с.
4. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. – М.: Медицина, 1974. – 311 с.
5. Семенович, А. А., Комякович А. П. Формула расчета среднего гемодинамического давления для условий покоя и физической нагрузки // Научно-практический рецензируемый журнал «Военная медицина». – 2011. – № 2 (19). – С. 96–97.

Поступила 19.05.2016 г.