АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР, КРОВООБРАЩЕНИЕ
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ: ԱՐՅԱՆ ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅՈՒՆ

XIX, № 3, 1986 г.

УДК 616.12—0.13/132

Г. А. ШИФРИН, В. Г. МОВЗОЛЕВСКИЙ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ОБЪЕМА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ ПРИ ВОСПОЛНЕНИИ МАССИВНОЙ КРОВОПОТЕРИ

Введение в прогнозирование ОЦК. Современный подход к патогенезу кровопотери как первичному гиповолемическому состоянию оказал определяющее влияние на выбор в качестве главного критерия трансфузионной терапии объема циркулирующей крови (ОЦК).

Для каждого больного определяют должный (ДОЦК) и фактический ОЦК. Для восполнения дефицита (△ ОЦК) используют трансфузионные среды. С первого взгляда объем кровевосполнения V можно определить просто:

$$V = \Delta ОЦК = ДОЦК - ОЦК.$$

Однако зависимость △ОЦК = f (V) является нелинейной функцией, т. е. в общем случае

$$W = f(F, V), \tag{1}$$

где V—объем трансфузионных сред, F—нелинейная функция, W—прирост ОЦК.

В теории систем автоматического регулирования коэффициент F в (1) представляет передаточную функцию динамического звена, на вход которого подается величина V, а на выходе снимается величина W (1). Таким образом, чтобы определить выходную величину (реакцию) W по входной V, достаточно знать, какому типу звена, либо какому сочетанию звеньев соответствует физиологическая система регулирования ОЦК и параметры этих звеньев [3]. Однако полученная таким образом усредненная модель будет отличаться от индивидуальной, ибо параметры звеньев, коэффициент передачи—K, постоянная времени—T—будут различными, сами зависят от состава трансфузионных сред и изменяются во времени t:

$$F = \varphi(K, T, t). \tag{2}$$

Следовательно, для индивидуализации модели необходимо перед кровевосполнением определить передаточную функцию (2). В общем случае функция F, представляющая собой коэффициент передачи K (p), может быть определена с помощью дельта-функции, имеющей вид

импульса δ (t), либо ступенчатой функции h (t) входного сигнала через изображение Лапласа [1, 2]. Поскольку коэффициент передачи K (p)— функция нелинейная, то один из возможных путей построения модели основывается на создании итерационной процедуры прогнозирования, основанной на линеаризации характеристик звена в течение определенного промежутка времени. При получении каждого нового значения количества трансфузионных сред используется модель звена в предыдущие моменты времени:

$$W_{i+1}(p)=V_{i+1}K_i(p). \tag{3}$$

Методика прогнозирования ОЦК. Использование дельта-функции или ступенчатой функции для определения передаточной функции системы кровообращения невозможно по следующей причине. Для того, чтобы получить (измерить) достоверную реакцию организма на введение трансфузионных сред, необходимо ввести не менее 100 мл сред. При скорости введения 5 мл/с понадобится 20 с, что соизмеримо с постоянной времени исследуемого звена. Исходя из этого, входной сигнал следует рассматривать не как скачок, а как функцию времени введения. Реальная функция входного сигнала при постоянной скорости введения крови будет иметь вид, представленный на рис. 1, где V^0—введенный объем трансфузионных сред, T—время введения, τ—задержка

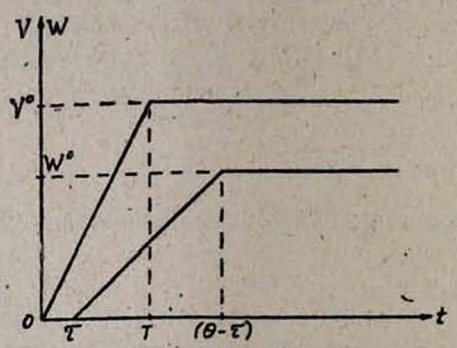

Рис. 1. Методика прогнозирования ОЦК. Пояснения в тексте.

выходной функции относительно входной. Логично предположить, что форма выходного сигнала (изменение ОЦК—W (t)) с учетом времени задержки τ может быть аппроксимирована аналогичной функцией на рис. 1, где W^0—результат изменения ОЦК, θ— время изменения. Изображение функций будет иметь вид (1, 3):

$$L[V(t)]=\frac{V^\circ}{p^2T}\,(1-\exp(-Tp));\quad L[W(t)=\frac{W^\circ}{p^2\theta}\,(1-\exp(-\theta p)). \tag{4}$$

Исходя из (4) и учитывая задержку τ реакции, определяем передаточную функцию:

$$K_i(p)=\frac{W_i(p)}{V_i(p)}=\frac{W_i^\circ T_i}{V_i^\circ\theta_i}\cdot\frac{1-\exp(-\theta_i p)}{1-\exp(-T_i p)}\exp(-\tau p). \tag{5}$$

Поскольку первый множитель в (5) имеет постоянную величину, то, обозначив его через Ai, получим:

$$K_i(p)=A_i\,\frac{1-\exp(-\theta_i p)}{1-\exp(-T_i p)}\exp(-\tau p). \tag{6}$$

Осуществляя замену $P=j\omega$, где ω—круговая частота, функция (6) может быть представлена как функция частоты. Следовательно, функция (6) для исключения искаже-

ния прогнозируемого выходного сигнала при различных входных воздействиях должна содержать наиболее высокочастотную составляющую спектра входной функции V(t). Иначе говоря, скорость кровевосполнения при последующих вычислениях для повышения точности прогнозирования по передаточной функции K (p) не должна повышаться. Прогнозируемое значение увеличения ОЦК при введении объема V^0_{i+1} за время t_{i+1} определяется по [3] с учетом [4] и [6]:

$$W_{i+1}(p)=\frac{V^0_{i+1}A_i}{p^2T_{i+1}(1-\exp(-T_i p))}[\exp(-\tau p)-\exp((-\theta_i-\tau)p)-\exp((-T_{i+1}-\tau)p)+$$
$$+\exp((-T_{i+1}-T_i-\tau)p)].$$

Переход от величины W (p) как функции частоты к величине W (t) как функции времени осуществляется с помощью обратного преобразования Лапласа:

$$W(t)=\frac{1}{2\pi j}\int_{-\infty}^{\infty}W(p)\exp(-pt)dt.$$

Прогнозирование осуществляется в несколько этапов, т. е. восполнение дефицита производится по частям. При этом каждый предыдущий этап является тестовым воздействием для последующего. Практически достаточно трех, четырех этапов измерений и вычислений.

Практическое применение метода. Программа управления ОЦК реализована на ЭВМ «Наири-К». Изменения ОЦК осуществлялись реографическим методом [4], результаты которого вводились в ЭВМ вместе с параметрами тестового воздействия. Критерием выбора величины последних является объем кровопотери. Начальный объем кровевосполнения не превышал 20—25% дефицита ОЦК. Фактор разнородности клинических наблюдений существенного значения не имел, потому что операционная кровопотеря составляла 1,5—2 литра. Статистическая оценка по F-критерию Фишера (38 наблюдений) показала высокую достоверность прогнозирования изменения ОЦК ($F_{(37,36)}=25$; корреляционное отношение $r=0{,}976$).

Запорожский институт усовершенствования врачей

Поступила 5/VI 1984 г.

Գ. Ա. ՇԻՖՐԻՆ, Վ. Գ. ՄՈՎՋՈԼԵՎՍԿԻ

ԱՐՅԱՆ ԶԱՆԳՎԱԾԱՅԻՆ ԿՈՐՍՏԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ ՇՐՋԱՆԱՌՈՂ ԱՐՅԱՆ ԾԱՎԱԼԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿԱՆԽԱԳՈՒՇԱԿՈՒՄԸ

Ամփոփում

Ցույց է տրված արյան զանգվածային կորստից հետո նրա վերականգնման ժամանակ շրջանառող արյան ծավալի փոփոխության կանխագուշակման մեթոդը ԷՀՄ-ի միջոցով։ Կանխագուշակումը կատարվում է արյան շրջանառության համակարգի հաղորդման ֆունկցիայի օգնությամբ, որը որոշվում է ինֆուզիոն-տրանսֆուզիոն միջավայրի ներմուծման ռեակցիաների արդյունքներով։ Հաշվարկի համար օգտագործվում է կոմպլեքսային ֆունկցիաների ապարատը։

G. A. Shifrin, V. G. Movzolevski

Prognostication of the Circulating Blood Volumetric Change in Correction of Massive Hemorrhage

Summary

The method of prognostication of the circulating blood volume changes in case of massive hemorrhages is suggested. The prognostication is carried out with the help of the function of transmission of the circulating system, determined by the results of the reaction on the injection of infusive—perfusive mediums. For the calculations the apparatus of complex functions is applied.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бесекерский В. А., Попов Е. П.* Теория систем автоматического регулирования. «Наука», М., 1972. 2. *Зиновьев А. А., Филиппов Л. Н.* Введение в теорию сигналов и цепей. «Высшая школа», М., 1968. 3. *Осиповский С. А.* В кн. «Основы физиологии функциональных систем». М., «Медицина», 1983, 42—45. 4. *Шифрин Г. А., Кейс А. В.* Клин. хирургия, 1979, 12, 24—25.

УДК 616.127—005.8—036.3—084.3

А. А. КИРИЧЕНКО

ВЫЖИВАЕМОСТЬ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПРИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается одной из основных проблем здравоохранения индустриально развитых стран. К настоящему времени довольно тщательно изучены такие ее аспекты, как распространенность, частота развития различных осложнений, смертность и др. В то же время остается недостаточным количество рандомизированных исследований течения заболевания. Проведение этих исследований необходимо для определения прогноза жизни и труда, оценки эффективности лечения этого грозного заболевания, уточнения показаний для выбора того или другого метода. В особенности это относится к решению вопроса о показаниях к хирургическому лечению ИБС. Целью данной работы было изучение течения заболевания у пациентов с гемодинамически значимым поражением коронарных артерий в зависимости от его распространенности и выраженности постинфарктного кардиосклероза.

Под наблюдением находились 197 больных ИБС, обследованных в отделении хирургии сосудов ВНЦХ АМН СССР в период с 1974 по 1979 г. 170 (86,3%) из них было предложено оперативное лечение, от которого они воздержались, 27 (13,7%) в хирургическом лечении было отказано в связи с распространенностью поражения коронарных арте-