

*Л.М. Кузнецова\**

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА**

Проведена оценка эффективности способов определения функционального состояния системы гемостаза по точности измерения.

*Цель:* повысить метрологическую эффективность способов определения функционального состояния системы гемостаза.

*Задачи.*

- провести оценку эффективности способов определения функционального состояния системы гемостаза по метрологической эффективности;
- сравнить способы определения времени свертывания крови, выбрать наиболее точный;
- доказать эффективность выбранного способа определения времени свертывания крови.

Недостатками известных способов являются инерционность, сравнительно низкие точность и чувствительность измерений вследствие протекания интенсивных побочных физико-химических процессов, сопутст-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ТГТУ Е.И. Глинкина.

вующих перемещению электродов и исследуемой среды относительно друг друга, невозможность автоматизировать данные способы.

Эту проблему решает способ определения функционального состояния системы гемостаза, в котором регистрируют текущую амплитуду сопротивления крови в первый момент времени и измеряют второе сопротивление крови в кратный момент времени от первоначального значения времени, по двум сопротивлениям и моментам времени находят предельное сопротивление крови и постоянную времени, по которым вычисляют сопротивление крови в начале и конце процесса свертывания и по найденным параметрам определяют показатели начала и конца процесса свертывания крови. Показатели начала и конца процесса свертывания крови определяют за счет измерения предельного сопротивления крови, постоянной времени и сопротивления крови в начале и конце процесса свертывания. Для этого проводят измерение амплитуды записи процесса свертывания крови в его начале и определяют показатели начала  $T_1$  и конца процесса свертывания  $T_2$ . Сравнивают их с одноименными показателями процесса свертывания крови в норме и при разнонаправленных отклонениях диагностируют нарушения функционального состояния системы гемостаза. Для этого регистрируют во время  $t_1$  текущую амплитуду сопротивления  $R_1$ , в кратный момент времени  $t_2$  ( $t_2 = k t_1$  при целочисленном коэффициенте кратности  $k \geq 2$ ) от первоначального времени измеряют второе сопротивление  $R_2$ . По двум сопротивлениям  $R_1$ ,  $R_2$  и моментам времени  $t_1$ ,  $t_2$  находят значение предельного сопротивления  $R_0$  в образце крови, постоянную времени  $T$ , по которым определяют время начала и конца процесса свертывания.

Экспериментальную зависимость сопротивления  $R(t) = R$  динамического процесса аппроксимируют по экспоненциальному закону.

$$R = R_0 e^{-\frac{t}{T}}. \quad (1)$$

Зависимость (1) связывает между собой измеряемое значение амплитуды  $R$  сопротивления за время  $t$  исследования с предельным значением  $R_0$  сопротивления и постоянной времени  $T$ .

Уникальным свойством параметров  $R_0$  и  $T$  является их независимость от характеристик переменных значений сопротивления  $R$  и времени  $t$ , т.е. они однозначно определяют динамическую характеристику эксперимента по зависимости (1), поэтому их целесообразно принять за информативные параметры динамического процесса.

Докажем эффективность аналитического метода определения времени свертывания крови относительно графического метода. Согласно графическому методу время начала процесса свертывания крови  $T_1$  определяют от начала исследования до первого уменьшения величины амплитуды сопротивления крови, а время конца процесса свертывания  $T_2$  определяют от начала исследования до первого колебания с минимальной амплитудой [1]. Однако точно зарегистрировать момент колебания с уменьшенной амплитудой графически достаточно сложно. Так как импульсы следуют с частотой 0,1 Гц или шириной 10 с, то сопротивление крови в начале и в конце процесса свертывания определяется с погрешностью в 10%. Таким образом, время свертывания крови  $T_1$  и  $T_2$  в графическом методе будет определяться по формуле:

$$\begin{cases} T_1 = T \ln \left( \frac{R_0}{0,9 R_n} \right), \\ T_2 = T \ln \left( \frac{R_0}{0,9 R_k} \right). \end{cases} \quad (2)$$

В аналитическом методе время начала и конца процесса свертывания крови определяется по формуле (3).

$$\begin{cases} T_1 = T \ln \left( \frac{R_0}{R_n} \right), \\ T_2 = T \ln \left( \frac{R_0}{R_k} \right). \end{cases} \quad (3)$$

Метрологическая эффективность по времени начала свертывания крови определяется отношением  $T_{1a}$  (время начала свертывания в аналитическом методе) к  $T_{1r}$  (время начала свертывания в графическом методе):

$$\eta_1 = \frac{T_{1a}}{T_{1r}}. \quad (4)$$

Метрологическая эффективность по времени конца свертывания крови определяется отношением  $T_{2a}$  (время конца свертывания в аналитическом методе) к  $T_{2r}$  (время конца свертывания в графическом методе):

$$\eta_2 = \frac{T_{2a}}{T_{2r}}. \quad (5)$$

Таким образом, подставляя формулы (2) и (3) в формулы (4) и (5), получим:

$$\eta_1 = \frac{\ln \frac{R_0}{R_H}}{\ln \frac{R_0}{0,9R_H}}, \quad (6)$$

$$\eta_2 = \frac{\ln \frac{R_0}{R_K}}{\ln \frac{R_0}{0,9R_K}}. \quad (7)$$

Подставляя в формулы (6) и (7) экспериментальные значения, полученные аналитическим и графическим методом, получим значения  $\eta_1$  и  $\eta_2$ .

$$\eta_1 = \frac{\ln \frac{85}{27}}{\ln \frac{85}{24}} = 90\%, \quad \eta_2 = \frac{\ln \frac{85}{5}}{\ln \frac{85}{4,5}} = 96\%,$$

### 1. Оценка погрешности измерений

$R, \%$	$T_1, \%$	$T_2, \%$
1	9	9,6
5	45	48
10	90	96

В таблице 1 приведены значения погрешностей при измерении времени начала и конца процесса свертывания крови для отклонения значения измеряемого сопротивления крови на 1, 5 и 10%.

Таким образом, проведена оценка эффективности способов определения функционального состояния системы гемостаза по метрологической эффективности. Выявлено, что наиболее точный способ – это аналитический, так как в нем выбраны информативные параметры – предельное сопротивление крови и постоянная времени, которые позволяют повысить точность измерения времени начала и конца процесса свертывания крови в 10 раз.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2109297 РФ, G 01 N 33/86. Способ определения функционального состояния системы гемостаза / Г.В. Коршунов, А.Г. Коршунов, Д.М. Пучиньян. – 1998. Бюл. № 2.