

Н. И. ЯБЛУЧАНСКИЙ, Ю. И. ДИМАШКО, В. А. ПИЛИПЕНКО,  
В. Л. ЯРОВОЙ, В. Е. ШЛЯХОВЕР

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ СЕРДЦА В ЗОНЕ ИНФАРКТА МИОКАРДА В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЗАЖИВЛЕНИЯ

Среди осложненных заживления инфаркта миокарда наибольший удельный вес приходится на хронические и острые аневризмы, а также разрывы сердца [4], возникающие в силу десинхронизации фаз заживления зоны инфаркта и нарушения прочности стенки сердца [2, 3]. Математическое моделирование этого процесса будет способствовать разработке мероприятий профилактики указанных осложнений.

Морфометрическое изучение процессов заживления зоны инфаркта, а также практический анализ прочности стенки сердца в зоне инфаркта умерших больных [1, 3] позволяет описать прочность стенки сердца в зоне инфаркта системой уравнений:

$$P = P^M + P^r \quad (I)$$

$$P^M = \Delta N^M \quad (II)$$

$$\frac{dN^M}{dt} = -\Omega (N^M - N_{\min}^M) \quad (III)$$

$$\frac{dP^r}{dt} = \begin{cases} -\gamma \frac{dP^M}{dt}; & (t > \tau) \\ 0; & (t < \tau), \end{cases} \quad (IV)$$

где  $P$  — прочность стенки сердца в зоне инфаркта миокарда,  $P^M$  — прочность стенки сердца в зоне инфаркта за счет миокарда,  $P^r$  — за счет развивающейся грануляционной ткани на месте некротизирующегося миокарда,  $N^M$  — количество кардиомиоцитов в зоне инфаркта,  $t$  — длительность инфаркта миокарда,  $\Delta$  — коэффициент пропорциональности,  $\Omega$  — параметр скорости некробиоза и  $\gamma$  — параметр скорости развития грануляционной ткани зоны инфаркта,  $\tau$  — время задержки начала развития грануляционной ткани по отношению к началу некробиоза миокарда (началу фазы некробиоза зоны инфаркта). Индексы 0 и min при аргументах показывают, соответственно, их начальное (при  $t=0$ ) и минимальное (при  $t \rightarrow \infty$ ) значения.

Из уравнения (III) следует, что

$$N^M = N_0^M + (N_0^M - N_{\min}^M) e^{-\Omega t}; \quad N_0^M = N^M |_{t=0}.$$

Тогда (II) можно переписать в форме:

$$P^M = P_0^M + (P_0^M - P_{\min}^M) e^{-\Omega t}; \quad \text{где } P_0^M = \Delta N_0^M; \\ P_{\min} = \Delta N_{\min}^M$$

Решаем (IV), которое имеет вид:

$$\frac{dP^r}{dt} = \begin{cases} \gamma \Omega (P_0^M - P_{\min}^M) e^{-\Omega(t-\tau)}; & (t > \tau); \\ 0 & ; (t < \tau); P_0^r = 0 \end{cases}$$

Решение в области  $t > \tau$

$$P_{\tau}^r = \gamma (P_0^M - P_{\min}^M) (1 - e^{-\Omega(t-\tau)})$$

Решение в области  $t < \tau$

$$P^r = 0$$

Отсюда следует, что полная прочность стенки сердца в зоне инфаркта миокарда описывается следующим образом:

$$P = P^M + P^r = \begin{cases} P_{\min}^M + e^{-\Omega t} (P_0^M - P_{\min}^M); & (t < \tau) \\ P_{\min}^M + (P_0^M - P_{\min}^M) [e^{-\Omega t} + \gamma (1 - e^{-\Omega(t-\tau)})]; & (t > \tau) \end{cases} \quad (V)$$

При  $t \rightarrow \infty$

$$P \rightarrow P_k \rightarrow P_{\min}^M + \gamma (P_0^M - P_{\min}^M)$$

Для сохранения прочности стенки сердца в зоне инфаркта в процессе ее заживления, превышающей значения, при которых может наступить разрыв сердца, необходимо выполнение условия:

$$P_{\min}^M + e^{-\Omega t} (P_0^M - P_{\min}^M) > P_{\text{разр}}$$

Отсюда следует, что оно существенно зависит от  $\tau$ , которое должно быть

$$\tau < -\frac{1}{\Omega} \ln \frac{P_{\text{разр}} - P_{\min}^M}{P_0^M - P_{\min}^M}$$

Для оценки параметров модели проведены исследования прочностных характеристик и количества кардиомиоцитов в зоне инфаркта в процессе ее заживления. В основу наблюдений положены данные изучения крупноочагового трансмурального инфаркта миокарда у 56 больных. Результаты показали, что для неосложненного протекания процесса параметр скорости некролиза миокарда зоны инфаркта должен находиться в промежутке  $\Omega_1 \geq \Omega \geq \Omega_2$ , где  $\Omega_1 = -0,42$  и  $\Omega_2 = -0,12$ . При  $\Omega_1 \tau$  должно быть не более 3 час и при  $\Omega_2 \tau$  — не более 10 час. Учитывая, что некробитические процессы в миокарде начинаются уже в первые 2–6 час заболевания, следует, что включение фазы развития грануляционной ткани зоны им происходит уже в первые сутки его возникновения [1].

Так как в каждом конкретном случае значения  $P_0^M$ ,  $P_{\text{разр}}$  и  $P_{\min}^M$  могут быть заданы, решение системы уравнений (V), описывающей динамику прочности стенки сердца в зоне инфаркта при ее заживлении, существенно определяется значением  $\Omega$ , характеризующим скорость

некробиоза миокарда зоны инфаркта. Эти данные подтверждают правильность представлений о значении особенностей заживления зоны инфаркта в сохранении ее прочности с предупреждением развития осложнений по типу постинфарктных аневризм и разрывов сердца. Более существенные ограничения на  $\tau$  при больших  $\Omega$  показывают необходимость более пристального внимания за динамикой инфаркта миокарда с ускоренной фазой некробиоза.

Донецкий медицинский институт им. М. Горького,  
Донецкий государственный университет

Поступила 10/III 1983 г.

Ն. Ի. ՅԱԲՈՒՉԱՆՍԿԻ, ՅՈՒ. Ի. ԴԻՄԱՇԿՈ, Վ. Ա. ՊԻԼԻՊԵՆԿՈ,  
Վ. Լ. ԵԱՐՈՎՈՅ, Վ. Ե. ՇԼՅԱԽՈՎԵՐ

ՄՐՏԻ ՊԱՏԻ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԸ ՍՐՏԱՄԿԱՆԻ  
ԻՆՖԱՐԿՏԻ ԶՈՆԱՅՈՒՄ ԵՐԱ ԼԱՎԱՅՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՈՒՄ

Ս. մ փ ն փ ու մ

*Նկարագրված է սրտի պատի ամրության փոփոխության մաթեմատիկական մոդելը սրտամկանի ինֆարկտի զոնայում՝ նրա լավացման պրոցեսում: Սրտի պատի ամրությունը սրտամկանի ինֆարկտի զոնայում առավել փոքր է զրանուլյացիոն հյուսվածքի զարգացման շրջանում:*

N. I. Yabluchanski, Yu. I. Dimashko, V. A. Pilipenko, V. L. Yarovoi,  
V. Ye. Shlyakhover

**Mathematical Model of the Cardiac Wall Cohesion in the  
Myocardial Infarction Zone in the Process of its Adhesion**

S u m m a r y

The mathematical model of the change of the cardiac wall cohesion in the myocardial infarction zone in the process of its adhesion is described. The cohesion of this wall is minimal at the moment of the starting of the phase of granulative tissue development.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Автандилов Г. Г., Яблучанский Н. И., Пилипенко В. А. Сов. медицина, 1982, 8, 32—36.
2. Яблучанский Н. И., Автандилов Г. Г., Шевченко В. И. В кн.: Хронобиология и хронопатология». Тез. докл. Всесоюз. конф. М., 1981, 259.
3. Яблучанский Н. И., Автандилов Г. Г., Пилипенко В. А. и др. Судебно-медицинская экспертиза, 1982, 4, 26—27.
4. Яковлев Г. М., Лисовский В. А., Виноградский О. В. и др. Сов. медицина, 1982, 5, 65—70.