

В. А. БУЕВИЧ, Г. М. МЕЛЬНИКОВА

БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЫШЕЧНОГО ТОНУСА

(Представлено академиком Г. М. Франком 10 IV 1973)

Со времен Гендерсона ⁽¹⁾ исследованию мышечного тонуса как параметра, наиболее полно характеризующего общее функциональное состояние организма, придавалось большое значение ⁽²⁻⁵⁾. Однако недостаточно полное понимание механизмов, лежащих в основе данного явления, не позволяло разработать точный метод определения этого параметра.

В литературе описано более тридцати методов измерения мышечного тонуса. Такое разнообразие методов свидетельствует о неудовлетворительности любого из них.

В то же время понимание значения мышечного тонуса как фактора, характеризующего общее функциональное состояние организма, постоянно возрастает. Это обстоятельство настоятельно требует рассмотрения биофизических основ данного явления с целью создания адекватной модели и метода измерения мышечного тонуса. В практике биофизических исследований широко используются модели мышечной ткани как системы элементов, механические свойства которых могут быть описаны в терминах эластичности и вязкости. Впервые такая модель была предложена Хиллом ⁽⁶⁾.

Одна из модификаций этой модели представлена на рис. 1. Механической модели мышечной ткани (рис. 1) соответствует эквивалентная электрическая схема ⁽⁷⁾.

Эта модель описывается дифференциальным уравнением вида

$$M\ddot{x} + V\dot{x} + \frac{1}{G_2}x = MG_1\dot{f} + VG_1f + \frac{G_1 + G_2}{G_2}f. \quad (1)$$

Теоретический анализ этого уравнения показывает возможность существования двух характеристических частот мышечной системы

$$\omega_1 = \frac{1}{MG_2}, \quad \omega_2 = \omega_1 \left(1 + 0,5 \frac{G_2}{G_1} \right). \quad (2)$$

Для измерения этих характеристических частот исследуемый образец ткани включается в качестве элемента в цепь положительной обратной связи электромеханического автогенератора (рис. 2).

В таком устройстве для измерения механических характеристик тканей тела ⁽⁸⁾ при достаточной величине коэффициента усиления возникают устойчивые автоколебания характеристических частот, которые могут быть соотнесены с мышечным тонусом изучаемого организма.

С целью проверки изложенных выше соображений были проведены клинические исследования в условиях лабораторных наблюдений и профилактических осмотров на предприятии. В качестве контрольной группы были выбраны студенты и здоровые сотрудники Медицинского института в количестве 56 человек. Обследование группы рабочих кордного цеха Комбината химического волокна (48 человек), подвергающихся в процессе производства воздействию сероводорода и сероуглерода, показало, что среднеарифметическое отклонение резонансной частоты составляет

18,6% от контрольной. Обследование группы рабочих крутильного цеха (21 человек), непосредственно не связанных с сернистыми соединениями, но находящихся на территории того же комбината, показало меньшие изменения характеристической частоты (14,1%).

Полученные данные полностью совпадают с результатами измерения мышечного тонуса в этих цехах, проведенного ранее⁽⁹⁾ методами определения внутримышечного давления по Гендерсону⁽¹⁰⁾ и Уфлянду.

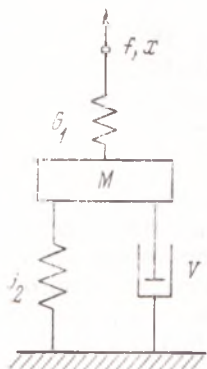


Рис. 1

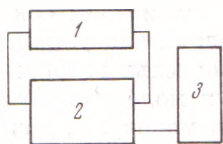


Рис. 2

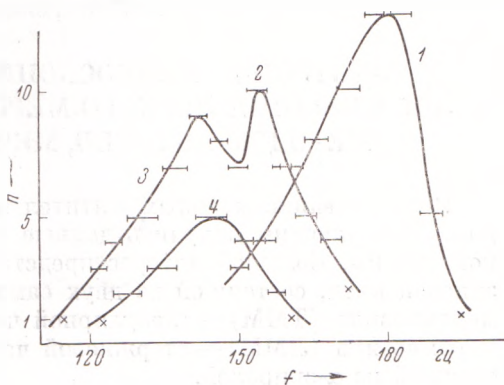


Рис. 3

Рис. 1. Механическая модель мышцы под нагрузкой. M — инерционная масса костей и внешней аппаратуры; G_1 — последовательная упругость; G_2 — параллельная упругость; V — вязкая компонента; f — сила; x — смещение

Рис. 2. Блок-схема устройства для измерения характеристических частот мышечной ткани. 1 — мышечный образец, 2 — усилитель, 3 — частотомер

Рис. 3. Зависимость характеристических частот от физиологического состояния. 1 — контрольная группа, 2 — крутильный цех, 3 — кордный цех, 4 — эпидемия гриппа; f — частота автоколебаний, n — число их наблюдений

Обследование группы лиц (17 человек) во время эпидемии гриппа А₂-72 (Англия), находящихся на разной стадии заболевания, показало, что среднее отклонение резонансной частоты составляет 19,2% от контроля, что коррелирует с общим состоянием человеческого организма и величиной мышечного тонуса, определяемого обычными для медицинской практики методами.

На рис. 3 представлено статистическое распределение характеристических частот в обследованных группах.

Таким образом, проведенное теоретическое рассмотрение модели и результаты экспериментальной клинической проверки основных положений этой модели показывают, что наблюдаемые в эксперименте собственные характеристические частоты мышц организма отражают величину тонуса этих мышц и общее функциональное состояние организма.

Институт биологической физики
Академии наук СССР
Пушкино-на-Оке

Поступило
5 IV 1973

Калининский государственный
медицинский институт

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ V. Henderson, *Adventures in Respiration*, London, 1938. ² Д. А. Иванова, *Клин. мед.*, № 7, 68 (1953). ³ А. М. Дамир, Г. М. Мельникова, *Клин. мед.*, № 3 (1957). ⁴ Г. М. Мельникова, Ф. Е. Новиков и др., *Всероссийск. конфер. научн. кард. общ.*, М., 1966. ⁵ Л. З. Лауцевичус, М. А. Чоботас и др., *Бюлл. эксп. биол.*, 12, № 6 (1972). ⁶ A. V. Hill, *J. Physiol.*, 56, 19 (1922). ⁷ V. A. Buevich, *Studia biophysica*, 33, 93 (1972). ⁸ В. А. Буевич, В. Б. Емельянов, *Автор. свид.* № 296029. ⁹ Г. М. Мельникова, *Научн. конфер. Калининск. мед. инст., Калинин*, 1967. ¹⁰ Г. М. Мельникова, *Сов. мед.*, № 1, 89 (1958).