

Б); формообразование кончика инъекционной микропипетки с шипом с помощью стеклянного шарика на нагревательной нити микрокузницы (Рис. 1.4. В). На заключительном этапе формировали угол наклона микропипетки (Рис. 1.5).

В ходе исследовательской работы по разработанному плану был изготовлен набор микроинструментов и апробирован на клеточных линиях: фибробласты кожи человека и клетки линии Hela.

Работа выполнена в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А18-118020590108-7).

1. T. A. Schneider, V. S. Fishman, M. A. Liskovykh, S. V. Ponamartsev, O. L. Serov, A. N. Tomilin, N. Alenina, J. Cytology 56, 869-880 (2014).
2. J. B. Gurdon, J. A. Byrne, Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 100, 8048-8052 (2003).
3. M. Ieda, J.D. Fu, P. Delgado-Olguin, V. Vedantham, Y. Hayashi, B. G. Bruneau, D. Srivastava, Cell 142, 375-386 (2010).

РЕАЛИЗАЦИЯ КВАЗИ-ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА СОКРАЩЕНИЯ ОДИНОЧНОГО КАРДИОМИОЦИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО МИКРОМАНИПУЛИРОВАНИЯ

Волжанинов Д.А.¹, Хохлова А.Д.^{1,2}

¹) Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

²) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: volzhaninovdenis@yandex.ru

THE IMPLEMENTATION OF THE QUASI-ISOMETRIC CONTRACTION MODE OF A SINGLE CARDIOMYOCYTE USING A DIGITAL MICROMANIPULATION SYSTEM

Volzhaninov D.A.¹, Khokhlova A.D.^{1,2}

¹) Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

²) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The study presents an experimental approach to study quasi-isometric contractions of single cardiomyocytes using a digital micromanipulation system and carbon fiber technique.

Для изучения биомеханики сердца на уровне одиночной мышечной клетки – кардиомиоцита, необходимо исследовать поведение клетки в условиях, приближенных к условиям ее сокращения *in vivo*. Одним из важных режимов работы

сердца, обеспечивающий необходимое для выброса крови давление в полости желудочка, является изоволюмический режим сокращения (без изменения объема полости желудочка). На одиночном кардиомиоците данный режим можно симитировать реализацией изометрического режима сокращения (без изменения длины клетки).

Цель данной работы – реализация изометрического режима сокращения кардиомиоцита с использованием системы цифрового микроманипулирования.

Удержание концов кардиомиоцита с целью контроля длины клетки и расчёта развиваемой силы проводилось в данной работе с использованием методики четырёх карбоновых волокон [1,2]. Для управления положением карбоновых волокон использовалась цифровая система микроманипулирования (Sensapex Triple Axis uMp System, Финляндия) и оригинальный программный комплекс, разработанный в среде LabVIEW. Положения карбоновых волокон определялись при помощи системы оптического контроля (IonOptix, США).

Для реализации изометрического сокращения кардиомиоцита использовалась методика, предложенная Iribe et al., 2007. Методика была модифицирована под особенности используемой цифровой системы микроманипулирования, поддерживающей только линейное перемещение манипулятора без возможности подачи на него нелинейного сигнала.

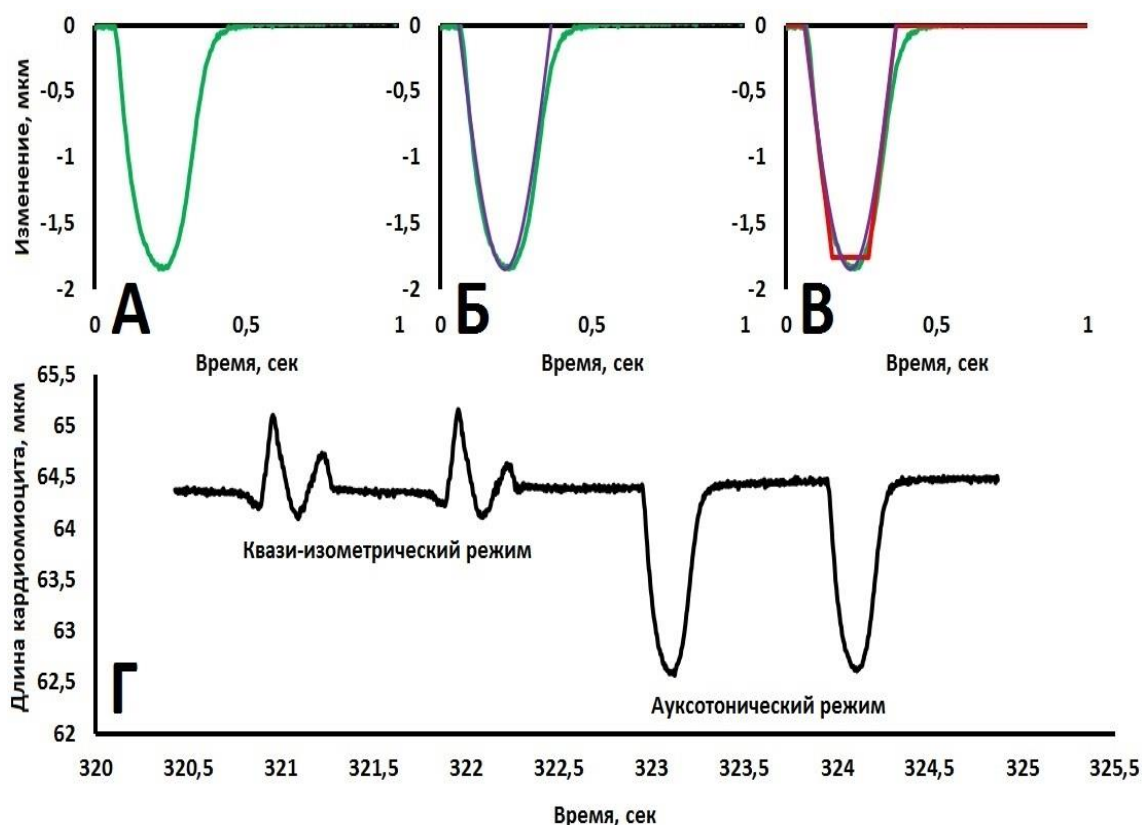


Рис. 1. А – усредненное нормированное изменение длины кардиомиоцита в ауксотоническом режиме сокращения при частоте стимуляции 1 Гц; Б – аппроксимация нормированного сокращения синусоидой; В – аппроксимация синусоиды равнобедренной трапецией; Г – квази-изометрический режим.

При помощи системы оптического контроля регистрировали длину клетки в процессе динамически неконтролируемого (ауксотонического) режима сокращения. Усредненный сигнал изменения длины кардиомиоцита (Рис. 1.А) мы аппроксимировали синусоидой (Рис. 1.Б), а затем полученную синусоиду аппроксимировали равнобедренной трапецией (Рис. 1.В). Для этого ЦАП порт вывода блока сбора данных системы оптического контроля был запрограммирован на передачу значения длины клетки аналоговым напряжением в заданном диапазоне. В программный комплекс управления манипуляторами добавлена возможность получить данные с внешнего АЦП порта ввода. Был добавлен программный код, осуществляющий усреднение сигнала длины клетки и расчёт аппроксимирующей трапеции. Константа оптимальной аппроксимации трапецией синусоиды была рассчитана ранее через сравнение перекрывающихся площадей. Рассчитанная трапеция инвертировалась и подавалась с необходимым коэффициентом усиления как управляющий сигнал на микроманипуляторы для компенсации изменения длины кардиомиоцита в ходе сокращения. Были проведены пробные эксперименты, показавшие успешную реализацию квази-изометрического режима сокращения кардиомиоцита (рис. 1.Г).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90106 и темы ИИФ УрО РАН №АААА-А19-119070190064-4.

1. Volzhaninov D. and Khokhlova A. AIP Conference Proceedings 2313, 080033 (2020)
2. Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K., Prog. Biophys. Mol. Biol., 115 (2-3), 103-114 (2014).