

ПОТЕРИ НАУКИ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ СОПРОВОЖДАЕТСЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВОЛНОЙ — МАЛОИЗВЕСТНОЕ ОТКРЫТИЕ 1980-х ГОДОВ. ПАМЯТИ СОЛОМОНА ВЕНИАМИНОВИЧА ЛЕВИНА (1929—2014)

23 мая 2014 г. в Иерусалиме скончался Соломон Вениаминович Левин. Более 30 лет его научного пути (1957—1988) прошли в Институте цитологии РАН в Ленинграде (Санкт-Петербурге). Будучи курсантом Военно-морской медицинской академии, С. В. Левин начал научную работу в лаборатории Д. Н. Насонова, связанную с использованием витальных красителей для определения состояния клеток. После окончания академии он был направлен врачом-физиологом на Тихоокеанский военно-морской флот. Демобилизовавшись и поступить в аспирантуру Зоологического института АН СССР в лабораторию Д. Н. Насонова (1956—1959) удалось только благодаря чрезвычайным усилиям акад. В. Н. Черниговского. Здесь С. В. Левин, используя появившиеся в то время в Государственном оптическом институте разработки Е. М. Брумберга и С. В. Королева, построил установку, сочетающую микроскоп и фотоумножитель, которая позволяла исследовать поглощение витальных красителей живыми клетками путем прямой фотометрии и открывала новые для того времени возможности использования микроскопии в физиологических исследованиях. Среди многих «прорывных» достижений 1950—1960-х годов не последнее место принадлежит выяснению природы электрической волны возбуждения. За исследование ионных механизмов спайка, как известно, была присуждена Нобелевская премия. В коллективе Д. Н. Насонова, как и в зарубежных лабораториях, в то время стали искать «субстанциональные» изменения нервного волокна при спайке (Cohen, 1973, *Physiol. Rev.*, 53 : 373—418; Левин, 1976).

С. В. Левин проводил исследования на одиночном нервном волокне крабов, которых доставляли из Севастополя. Открытие механической волны при спайке связано с разгадкой долго мучавшего явления. При пробегании спайка через участок волокна, на котором измерялось светопропускание, оптический сигнал часто мог иметь разный знак. Разгадка оказалась нетривиальной и состояла в том, что одновременно с пробеганием спайка имеет место поперечное смещение волокна и знак сигнала зависит от того, на каком крае волокна установлен оптический зонд (Левин, Гольфанд, 1980; Левин и др., 1980). Примерно в это же время Тасаки с коллегами иным методом обнаружили похожие механические эффекты на нерве краба и аксоне кальмара, которые они связывали с кратковременным набуханием волокна (Iwasa et al., 1980, *Science*, 210 : 338—339; Tasaki, Iwasa, 1981, *J. Physiol.*, Paris, 77 : 1055—1059; Tasaki, Iwasa, 1982, *Japan J. Physiol.*,

32 : 69—81). С. В. Левин трактовал движение волокна совершенно иначе. Использованный им метод регистрации свидетельствовал о том, что движение не может быть связано с набуханием.

Последующие исследования в этом направлении, продолжавшиеся в Институте цитологии до 1988 г., показали, что в основе наблюдаемой двигательной реакции лежит волна укорочения и последующего удлинения волокна, амплитуда которой существенно изменяется при экспериментальных воздействиях на цитоскелет и изменении механических свойств оболочки. Было показано, что двигательная реакция включает в себя быструю фазу укорочения волокна, несколько опережающую изменение электрического потенциала, регистрируемого в соответствующем участке потенциал-чувствительным красителем NK2495, и последующую медленную стадию восстановления его длины. Было показано, что деполяризация и гиперполяризация волокна сопровождаются механическими эффектами разного знака. В Тель-Авивском университете продолжить исследования двигательной реакции нервного волокна С. В. Левину не удалось. Результаты большого цикла работ по нервному волокну оказались не опубликованными в англоязычных журналах и потому малоизвестны. Между тем они замечательны и по глубине результатов, и по тонкости и оригинальности примененной экспериментальной техники. В более поздней публикации 1990 г. Тасаки (Tasaki, 1990, *Biophys. J.*, 57 : 633—635) писал, что кроме набухания при спайке нервного волокна имеет место укорочение волокна, подобное укорочению мышечного волокна, но на работы С. В. Левина не ссылался. Следует добавить, что метод регистрации движения нервного волокна у С. В. Левина был более прямым по сравнению с методом Тасаки, и мог бы быть использован и в наше время.

Основным направлением работы С. В. Левина в Израиле стало изучение двигательной активности мембранного кортекса эритроцитов и лимфоцитов, для регистрации которой были применены оригинальные варианты темнопольного освещения края клетки, разработанные С. В. Левиным еще в Институте цитологии. Вместе со своим учеником А. Ю. Кролем он впервые стал связывать фликкер эритроцитов не с электрострикционными эффектами в липидном компоненте мембраны, а с активным примембранным скелетом (Krol et al., 1990). Идеи С. В. Левина и разработанные им методы легли в основу большой серии работ, проведенных в Тель-Авивском университете, которые уже хорошо представлены в изве-

стных англоязычных журналах и хорошо цитируются. Эти его труды легко найти в библиографических базах. Менее известные работы, связанные с изучением движения нервного волокна во время потенциала действия, которые были опубликованы на русском языке, можно найти в формате pdf на сайте Института цитологии РАН (www.cytspb.rssi.ru; см. English version).

© А. А. Веренинов

Основные работы С. В. Левина

Левин С. В. 1976. Структурные изменения клеточных мембран. Л.: Наука. 224 с.

Левин С. В., Гольфанд К. А. 1980. Поперечное смещение аксона краба при потенциале действия. Цитология. 22 (6) : 717—721.

Левин С. В., Гольфанд К. А. 1984а. Быстрое поперечное движение аксона краба при потенциале действия. Цитология. 26 (8) : 920—926.

Левин С. В., Гольфанд К. А. 1984б. Поперечное движение пучка тонких нервных волокон краба при потенциале действия. Цитология. 26 (9) : 1021—1029.

Левин С. В., Гольфанд К. А., Малев В. В. 1986. Волна локального укорочения и удлинения одиночного аксона краба при потенциале действия. Цитология. 28 (12) : 1307—1315.

Левин С. В., Гольфанд К. А., Трошин А. С. 1980. Поперечное смещение аксона краба при потенциале действия. ДАН СССР. 251 (4) : 1014—1016.

Левин С. В., Гольфанд К. А., Трошин А. С. 1983. Волна поперечного движения аксона краба, сопровождающая потенциал действия. ДАН СССР. 272 (6) : 1513—1516.

Левин С. В., Малев В. В. 1987. Влияние упругих свойств оболочки аксона краба на движение нервного волокна при потенциале действия. Цитология. 29 (5) : 569—574.

Левин С. В., Малев В. В., Трошин А. С., Гольфанд К. А. 1984. Волна продольной деформации возбужденного участка аксона краба при потенциале действия. ДАН СССР. 275 (5) : 1246—1249.

Малев В. В., Левин С. В., Трошин А. С. 1985. К механике возбужденного нервного волокна. ДАН СССР. 281 (3) : 715—719.

Alster Y., Loewenstein A., Levin S., Lazar M., Korenstein R. 1998. Low-frequency submicron fluctuations of red blood cells in diabetic retinopathy. Arch. Ophthalmol. 116 : 1321—1325.

Goldstein M., Leibovitch I., Levin S., Alster Y., Loewenstein A., Malkin G., Korenstein R. 2004. Red blood cell membrane mechanical fluctuations in non-proliferative and proliferate diabetic retinopathy. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 242 : 937—943.

Korenstein R., Tuvia S., Mittelman L., Levin S. 1994. In: Biomechanics of active movement and division of cells. NATO ASI Series H: Cell Biology. New York: Springer. 84 : 415—423.

Krol A. Ju., Grinfeldt M. G., Levin S. V., Smilgavichus A. D. 1990. Local mechanical oscillation of the cell-surface within the range 0.2—30 Hz. Eur. Biophys. J. 19 : 93—99. Citations 49.

Levin S. V., Korenstein R. 1991. Membrane fluctuations in erythrocytes are linked to MgATP-dependent dynamic assembly of the membrane skeleton. Biophys. J. 60 : 733—737. Citations 77.

Mittelman L., Levin S., Korenstein R. 1991. Fast cell membrane displacements in B lymphocytes. Modulation by dihydrocytochalasin B and colchicine. FEBS Lett. 293 : 207—210. Citations 25.

Mittelman L., Levin S., Verschueren H., De Baetselier P., Korenstein R. 1994. Direct correlation between cell membrane fluctuations, cell filterability and the metastatic potential of lymphoid cell lines. Biochem. Biophys. Res. Commun. 203 : 899—906.

Tuvia S., Ada Almagor A., Bitler A., Levin S., Korenstein R., Yedgar S. 1997. Cell membrane fluctuations are regulated by medium macroviscosity: evidence for a metabolic driving force. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 94 : 5045—5049. Citations 74.

Tuvia S., Levin T., Bitler A., Korenstein R. 1998. Mechanical fluctuations of the membrane-skeleton are dependent on f-actin ATPase in human erythrocytes. J. Cell Biol. 141 : 1551—1561. Citations 77.

Tuvia S., Levin S., Korenstein R. 1992a. Oxygenation—deoxygenation cycle of erythrocytes modulates submicron cell membrane fluctuations. Biophys. J. 63 : 599—602.

Tuvia S., Levin S., Korenstein R. 1992b. Correlation between local cell-membrane displacements and filterability of human red-blood-cells. FEBS Lett. 304 : 32—36.

Tuvia S., Moses A., Gulyaev N., Levin S., Korenstein R. 1999. β -Adrenergic agonists regulate cell membrane fluctuations of human erythrocytes. J. Physiol. 516 : 781—792. Citation 37.

Zamir N., Tuvia S., Riven-Kreitman R., Levin S., Korenstein R. 1992. Atrial-natriuretic-peptide-direct effect on human red-blood-cell dynamics. Biochem. Biophys. Res. Commun. 188 : 1003—1009.

MOVEMENT OF CRAB AXON DURING ACTION POTENTIAL — LITTLE KNOWN DISCOVERY OF THE 1980th. TO MEMORY OF SOLOMON VENIAMINOVICH LEVIN (1929—2014)

A. A. Vereninov