

УДК 612.111

С. Ю. Рыбалко, А. М. Кацев, А. А. Горлов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Действие электромагнитных излучений (ЭМИ), которое проявляется на различных уровнях организации биологических объектов и регуляторных систем связывают в настоящее время с протеканием ряда биохимических реакций и работой транспортных систем [1]. Особую роль в этом играет кровь, так как она может определять многочисленные эффекты со стороны органов и тканей, удаленных от места поглощения ЭМИ [2]. Основная часть слабых ЭМИ в организме поглощается клеточными мембранами. электрические свойства которых, определяют протекание многих физиологических процессов в организме [3].

Целью работы было изучить действие низкочастотного переменного магнитного поля (нчПемП) и электромагнитного излучения крайне высокой частоты ЭМИ КВЧ на электрические свойства эритроцитов крови человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования была использована кровь 20 здоровых доноров. Эритроциты выделяли центрифугированием при 3000 об/мин и трижды отмывали 10-и кратным объемом физиологического раствора, рН 7,2.

Отмытые эритроциты подвергали двум видам электромагнитного воздействия: 1) нчПемП частотой 50 гц с $V=2\text{мкТл}$, время – 30 мин. 2) ЭМИ КВЧ, при $P=10\text{мкВт/см}^2$, частотой 61,22 ГГц, в течении 30 минут (источник излучения АМРТ-02, с излучающей головкой ГСКВЧ).

Электрические свойства мембран эритроцитов оценивали по диффузному потенциалу, возникающему при добавлении 100 мкл эритроцитарной массы к 25 мл 10%-го раствора сахарозы, содержащего различные концентрации NaCl. Для расчета потенциала использовали формулу $\varphi=60\cdot\Delta\text{pH}$, где ΔpH – разница между начальным рН (7,2) и конечным минимальным значением рН [4]. Кинетику изменения рН регистрировали на иономере ЭВ-74 с автоматическим выводом данных на компьютер при помощи АЦП. На рис. 1А показана кинетика этого процесса. После достижения некоторого максимального потенциала происходит нарушение проницаемости мембраны для катионов и рН раствора начинает увеличиваться. Величина φ является предельным значением трансмембранного потенциала, который выдерживает эритроцитарная мембрана и после которого наступает электрический пробой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ряде работ было показано, что линейная зависимость потенциала ϕ от логарифма концентраций ионов хлора при определенном значении нарушается, и эта величина получила название потенциала пробоя [4]. В наших экспериментах эти зависимости не имели четкого перегиба, а представляли собой сглаженные кривые, рис. 1В.

Поэтому для оценки электрической прочности мембран эритроцитов использовали значение максимального потенциала, возникающего при помещении отмытых физиологическим раствором эритроцитов в раствор сахарозы, не содержащий ионов Cl^- . В этих условиях создавался предельный градиент ионов Cl^- , который определял максимально возможный для данного физиологического состояния клетки диффузный потенциал, после которого наступал электрический пробой мембраны.

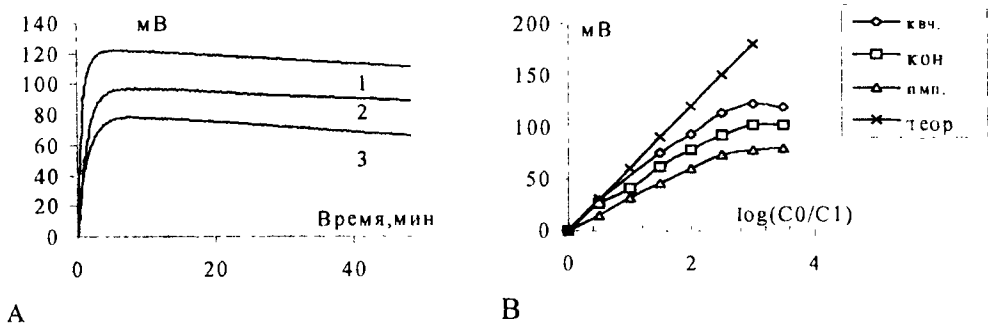


Рис. 1. Изменения диффузного мембранного потенциала эритроцитов в зависимости от времени (А) и от концентрации Cl^- в среде (В) при действии ЭМИ: 1 – KBЧ; 2 – контроль; 3 – нЧПеМП.

Как видно из рис. 1А и В для эритроцитов, облученных ЭМИ KBЧ, наблюдаются максимальные значения диффузного потенциала по сравнению с контрольной группой и группой подвергшейся воздействию нЧПеМП. После электрического пробоя мембраны происходит постепенное выравнивание потенциала с приблизительно одинаковой для всех изучаемых воздействий скоростью.

Сравнение средних значений максимальных потенциалов показывают, что статистически достоверные отличия ($P < 0,05$) от контроля наблюдаются только в группе, которая подвергалась воздействию ЭМИ KBЧ (143,4 мВ) и контроль (127,2 мВ). Под воздействием нЧПеМП (максимальный потенциал 111,0 мВ) в ряде образцов наблюдалось снижение максимальных значений трансмембранных потенциалов, однако для подтверждения этого требуется проведение дополнительных экспериментов.

Список литературы

1. NIEHS Working Group. 1998. Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency electrica and Magnetic Fields, Research Triangle Report. National Institutes of Health, Bethesda, MD.
2. Ильина С.А. Действие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на проницаемость эритроцитов человека / Тезисы докладов Международного симпозиума "ММ волны нетепловой интенсивности в медицине." – М., 1991 г. – Ч.2. – С.415-419
3. Glaser, R. 1996. Electric properties of the membrane and the cell surface. In Electromanipulation of Cells. CRC Press. Boca Raton. 1996. – FL. 329–363.
4. Путвинский А.В., Попов С.А., Пучкова Т.В., Данилов Ю.А., Владимиров Ю.А. Электрический пробой мембран эритроцитов за счет диффузионной разности потенциалов // Биофизика. – 1983. – Т.28. – С.892

Поступила в редакцию 10 09. 2002 г.