

## Тромбоциты больных нестабильной стенокардией как эффекторные клетки на воздействие терагерцового излучения на частоте оксида азота

В.Ф. Киричук<sup>1</sup>, Е.В. Андронов<sup>1</sup>, А.П. Креницкий<sup>2</sup>, В.Д. Тупикин<sup>2</sup>, А.В. Майбородин<sup>2</sup>, О.В. Бецкий<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный медицинский университет; <sup>2</sup>Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры. Саратов; <sup>3</sup>Институт радиотехники и электроники РАН. Фрязино, Россия

## Platelets of unstable angina patients as effector cells in terahertz radiation at NO frequency

V.F. Kirichuk<sup>1</sup>, E.V. Andronov<sup>1</sup>, A.P. Krenitsky<sup>2</sup>, V.D. Tupikin<sup>2</sup>, A.V. Mayborodin<sup>2</sup>, O.V. Betsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saratov State Medical University; <sup>2</sup>Central Research Institute of Measurement Devices (CRIMD), Saratov; <sup>3</sup>Radiotechnics and Electronics Institute, Russian Academy of Science. Fryazino, Russia.

---

**Цель.** Изучить влияние электромагнитных терагерцовых волн на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) оксида азота (NO) 240 ГГц, на функциональную активность тромбоцитов, находящихся как в естественном электромагнитном поле, так и в скрещенных магнитном и электрическом полях у больных нестабильной стенокардией (НС).

**Материал и методы.** Исследование проведено на образцах обогащенной тромбоцитами плазмы у 120 больных НС в условиях *in vitro*. Изучение взаимодействия терагерцовых волн и тромбоцитов на частоте МСИП NO 240 ГГц проводилось на впервые разработанном в ОАО ЦНИИИА (г. Саратов) квазиоптическом КВЧ генераторе детерминированных шумов. Функциональная активность (активация и агрегация) тромбоцитов определялась при помощи лазерного анализатора агрегации «Biola – 230 Ltd.»

**Результаты.** При облучении обогащенной тромбоцитами плазмы больных НС в условиях *in vitro* на частоте МСИП NO 240 ГГц происходит нормализация нарушенных показателей, характеризующих агрегационную активность тромбоцитов.

**Заключение.** Таким образом, терагерцовые волны на частоте оксида азота 240 ГГц обладают выраженным ингибирующим влиянием на повышенную агрегационную активность тромбоцитов больных НС.

**Ключевые слова:** терагерцовые волны, тромбоциты, нестабильная стенокардия.

**Aim.** To investigate the effects of electromagnetic terahertz waves at NO MSIP (molecular specter of radiation and absorption), 240 Hz, on platelet functional activity P in natural electromagnetic field, as well as in crossed magnetic and electric fields among unstable angina patients.

**Material and methods.** This *in vitro* study was performed on samples of platelet-enriched plasma from 120 unstable angina patients. The study of terahertz waves and platelets interaction at NO MSRA specter, 240 GHz, was performed with original quasi-optic SW generator of determined noises (CRIMD, Saratov). Functional activity of platelets (activation and aggregation) was measured by laser aggregation analyzer (Biola-230 Ltd.).

**Results.** After *in-vitro* radiation of platelet-enriched plasma from unstable angina patients, at NO MSRA frequency, 240 GHz, disturbed platelet aggregation activity was normalized.

**Conclusion.** Therefore, terahertz waves, at NO frequency, 240 GHz, substantially decreased elevated aggregation activity of the platelets from unstable angina patients.

**Key words:** Terahertz waves, platelets, unstable angina.

---

Электромагнитные колебания крайне высокой частоты (КВЧ-диапазона) уже более 30 лет применяются в медицинской практике [1]. К колебаниям КВЧ-диапазона принято относить электромагнитные волны частотой 30-300 ГГц [7].

Такой диапазон электромагнитных волн обладает рядом уникальных биологических свойств. В ряде экспериментальных работ было показано, что в процессе жизнедеятельности клетка вырабатывает электромагнитные колебания весьма широкого диапазона. В условиях нормального функционирования клеток колебания в области КВЧ-диапазона носят шумовой характер [10]. Для клеток организма характерна определенная электрическая симметрия. При различных нарушениях функционирования клеток их электрическая симметрия нарушается. В соответствии с принципом Ле – Шаталье клетки начинают генерировать когерентные электромагнитные волны КВЧ. Целью этих электромагнитных волн является нормализация нарушенных функций клеток [7].

Предполагают, что внешнее КВЧ-облучение по сути имитирует указанные клеточные регулирующие воздействия, способствует нормализации нарушенных функций клеток [9,15].

Основной точкой приложения волн КВЧ является мембранно-информационная система [6,8]; они обладают выраженным воздействием на мембраны клеток, стимулируют перемещение ее липидных слоев и белковых компонентов [8], изменяя функциональную активность клетки.

Известно, что клетки, находящиеся в условиях физиологической нормы, менее чувствительны к волнам КВЧ, нежели клетки, чья функция патологически изменена [10]. Исходя из данного предположения, для изучения влияния волн КВЧ на биологические структуры необходимо в качестве объекта для исследования использовать клетки организма, чья функция была изменена той или иной патологией.

Для коррекции повышенной агрегационной активности тромбоцитов при различных формах кардиологической патологии – нестабильной (НС) и стабильной стенокардии применяют также терагерцовые электромагнитные волны на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) NO 150, 176-150, 664 ГГц [12-14,18], т.к. NO является вазодилатором, мощным фактором гемостаза и ингибитором агрегации тромбоцитов [19-23].

NO наряду с МСИП на частотах 150,176.. – 150,664.. ГГц имеет и другие МСИП, в т.ч. и на частоте 240 ГГц, который обладает наибольшей энергией кванта  $h\nu$  [2]. Поэтому можно полагать, что реакционная способность эндогенных молекул NO как в биологической среде, например в обогащенной тромбоцитами плазме, так и находящейся в воздушном потоке и диффундирующих из атмосферного воздуха экзогенных молекул NO, будет максимальной на частоте 240 ГГц.

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния терагерцовых электромагнитных волн на частоте 240 ГГц МСИП NO на функциональную активность тромбоцитов больных НС в условиях *in vitro*, находящейся как в естественном электромагнитном поле, так и в скрещенных магнитном и электрическом полях.

## Материал и методы

Исследованы изменения функциональной активности тромбоцитов под воздействием терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц в условиях *in vitro* у 120 больных НС. Все больные были разделены на две группы: 1 группа (n=60), обогащенная тромбоцитами плазма (ОТП) больных подвергалась облучению на частоте МСИП NO 240 ГГц (плотность мощности=1мВ/см<sup>2</sup>) в естественном электромагнитном поле; 2 группа (n=60), у которых ОТП находилась в скрещенном магнитном и электрическом полях (тип волны ЕН11, плотность мощности=1мВ/см<sup>2</sup>) (напряженность 1 кV/см), подвергалась воздействию терагерцовых волн частотой МСИП NO 240 ГГц. Забор крови у больных производился из локтевой вены в первые 6-12 часов после поступления в стационар до проведения специфической терапии.

Критериями включения больных в исследование служили: поступление в экстренное кардиологическое отделение с НС, возникшей в последние 48 часов в форме стенокардии покоя – боль, развившаяся в покое или при минимальном усилии, длящаяся > 5 и < 30 минут; стенокардии напряжения – при нагрузке, которая раньше не вызывала стенокардии; учащения приступов стенокардии при наличии подтверждения на электрокардиограмме (ЭКГ) – инверсия зубца Т, подъем сегмента ST >0,5 мм, т.е. недостаточный для диагноза острого инфаркта миокарда (ОИМ).

Критериями исключения больных из исследования были: ранняя постинфарктная стенокардия; вновь возникшая стенокардия; свежие мозговые инсульты (< 6 месяцев); возраст > 70 лет; вес больных < 40 кг или > 110 кг; наличие блокады левой ножки пучка Гиса, кроме имевшейся исходно стойкой блокады; подъем сегмента ST > 1 мм в двух соседних отведениях ЭКГ; имплантированный электрокардиостимулятор; почечная недостаточность – креатинин > 200 мкмоль/л; тромбоцитопения < 150 • 10<sup>9</sup>/л; печеночная недостаточность; септический эндокардит; врожденная или приобретенная патология свертывающей системы крови.

Все больные давали письменное согласие на участие в исследовании, которое предусматривало полное клиническое обследование, эхокардиографию (ЭхоКГ), ЭКГ в 12 стандартных отведениях, биохимическое исследование крови: содержание ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , мочевины, креатинина, глюкозы, холестерина, липопротеидов низкой и высокой плотности, триглицеридов.

Больные, участвующие в исследовании, были сопоставимы по возрастным и половым характеристикам. Средний возраст больных составлял  $55,6 \pm 0,93$  лет.

В контрольную группу вошли 20 относительно здоровых доноров – добровольцев, средний возраст которых  $54,3 \pm 0,72$  лет.

Функциональная активность (активация и агрегация) тромбоцитов определялась при помощи лазерного анализатора агрегации «Biola – 230 Ltd.», сопряженного через интерфейс с IBM совместимым компьютером и специализированной MS Windows – совместимой программой «Aggt» (НПФ «Биола») [5].

Кровь стабилизировалась 3,8% раствором цитрата натрия в соотношении 1:9. Для получения ОТП стабилизированную кровь подвергали центрифугированию в режиме 1000 об/мин в течение 10 минут. Полученная ОТП разделялась на две части: опытную и контрольную.

Эксперименты по изучению влияния терагерцовых волн с частотой МСИП NO 240 ГГц на функциональную активность больных НС проводились на впервые разработанном в ОАО ЦНИИИА (г. Саратов) квазиоптическом КВЧ генераторе детерминированных шумов [17].

Опытный образец ОТП в обеих группах больных НС подвергались воздействию терагерцовых волн в течение 5, 15 и 30 минут. Во второй группе пациентов поверхность ОТП подвергалась воздействию воздушного потока, проходящего через скрещенные магнитное и электрическое поля, в которых под воздействием электромагнитных терагерцовых волн на частоте 240 ГГц происходило квантовое возбуждение и спиральное вращение молекул NO [18]. Контрольный образец ОТП не облучался и воздействию возбужденного воздушного потока не подвергался. Исследование функциональной активности тромбоцитов в контрольном и опытных образцах ОТП производилось одновременно.

В качестве индуктора агрегации использовался АДФ в конечной концентрации 2,5 мкМ (фирма «Helena», Israel). Индуктор добавлялся на 30 секунде от начала исследования.

Статистическая обработка полученных данных произведена при помощи U-критерия Манна-Уитни (пакет программ Statistica 6.0).

## Результаты и обсуждение

У больных НС наблюдается повышение агрегационной активности тромбоцитов. Это выражается в статистически достоверном увеличении максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, максимальной степени и скорости агрегации по сравнению с группой относительно здоровых доноров.

При воздействии на обогащенную тромбоцитами плазму больных НС в условиях *in vitro* терагерцовыми волнами на частоте МСИП NO 240

ГГц, вестественном электромагнитном поле в течение 5, 15 и 30 минут наблюдалось значительное снижение агрегационной активности кровяных пластинок, что сопровождалось статистически достоверным уменьшением максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов, максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, максимальной степени агрегации. Необходимо отметить, что при этом не только не происходило восстановление функциональной активности тромбоцитов до уровня практически здоровых людей, а, напротив, произошло значительное падение их агрегационной способности практически по всем показателям по сравнению с группой контроля. Однако эти изменения, как правило, при 5 и 30-минутном воздействии были выражены в меньшей степени, чем при 15-минутном облучении (таблица 1).

В таблице 2 представлены данные об изменении повышенной агрегационной активности тромбоцитов больных НС под воздействием терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц в скрещенных магнитном и электрическом полях.

При 5-минутном облучении наблюдалось статистически достоверное снижение максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, максимальной скорости и максимальной степени агрегации. Не произошло статистически достоверного изменения со стороны максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов.

При 15-минутном режиме воздействия терагерцовыми волнами происходило статистически достоверное снижение всех изучаемых показателей агрегатограммы: максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов, максимальной скорости образования тромбоцитарных агрегатов, максимальной степени агрегации, максимальной скорости агрегации.

При действии терагерцовых волн в течение 30 минут также приводило к статистически достоверному снижению изучаемых показателей агрегации тромбоцитов больных НС. Следует отметить, что при воздействии на тромбоциты больных НС терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц в скрещенных магнитном и электрическом полях происходит резкое угнетение функциональной активности тромбоцитов до такой степени, что не наблюдается ее восстановление, а напротив, способность кровяных пластинок к агрегации становится менее

Влияние терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц на агрегационную активность тромбоцитов больных НС, находящихся в естественном электромагнитном поле

Показатели агрегации	Тромбоциты относительно здоровых доноров (n=20)	Интактные тромбоциты больных НС (n=120)	Тромбоциты больных НС при облучении		
			5 (n=20)	15 (n=20)	30 (n=20)
Максимальный размер образующихся тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>3,3 (2,8;3,7)</b>	<b>3,43 (2,5;4)</b> P <sub>1</sub> =0,860431 Z <sub>1</sub> =0,17	<b>2,39 (1,7;2,81)</b> P <sub>2</sub> =0,004140 Z <sub>2</sub> =2,86 P <sub>3</sub> =0,000437 Z <sub>3</sub> =3,51 P <sub>4</sub> =0,013321 Z <sub>4</sub> =2,47	<b>1,73 (1,4;1,9)</b> P <sub>3</sub> =0,008028 Z <sub>3</sub> =2,65 P <sub>6</sub> =0,000001 Z <sub>6</sub> =5,41 P <sub>9</sub> =0,001116 Z <sub>10</sub> =3,25	<b>2,09 (1,96;2,3)</b> P <sub>4</sub> =0,000104 Z <sub>4</sub> =3,88 P <sub>7</sub> =0,000001 Z <sub>7</sub> =5,35 P <sub>9</sub> =0,635945 Z <sub>9</sub> =0,47
Максимальная скорость образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>3,26 (2,84;3,79)</b>	<b>5,05 (3,1;6,4)</b> P <sub>1</sub> =0,008028 Z <sub>1</sub> =2,65	<b>1,61 (0,8;2,1)</b> P <sub>2</sub> =0,000003 Z <sub>2</sub> =4,66 P <sub>3</sub> =0,000003 Z <sub>3</sub> =4,7 P <sub>4</sub> =0,473481 Z <sub>4</sub> =-0,71	<b>1,74 (1,14;2,1)</b> P <sub>3</sub> =0,010582 Z <sub>3</sub> =2,56 P <sub>6</sub> =0,000007 Z <sub>6</sub> =4,49 P <sub>10</sub> =0,000786 Z <sub>10</sub> =3,35	<b>2,1 (1,96;2,07)</b> P <sub>4</sub> =0,000796 Z <sub>4</sub> =3,35 P <sub>7</sub> =0,001170 Z <sub>7</sub> =3,24 P <sub>9</sub> =0,000535 Z <sub>9</sub> =3,46
Максимальная степень агрегации, %	<b>38,8 (37,4;40,1)</b>	<b>71,3 (52,6;91,1)</b> P <sub>1</sub> =0,000002 Z <sub>1</sub> =4,72	<b>34,2 (29,2;40,3)</b> P <sub>2</sub> =0,000002 Z <sub>2</sub> =4,78 P <sub>3</sub> =0,015479 Z <sub>3</sub> =2,42 P <sub>4</sub> =0,013834 Z <sub>4</sub> =2,46	<b>24,5 (17,8;34,5)</b> P <sub>3</sub> =0,000001 Z <sub>3</sub> =5,3 P <sub>6</sub> =0,000003 Z <sub>6</sub> =4,69 P <sub>9</sub> =0,104589 Z <sub>10</sub> =1,62	<b>28,2 (23,7;34,5)</b> P <sub>4</sub> =0,000001 Z <sub>4</sub> =5,35 P <sub>7</sub> =0,000003 Z <sub>7</sub> =4,69 P <sub>9</sub> =0,046792 Z <sub>9</sub> =1,98
Максимальная скорость агрегации, у.е.	<b>39,3 (33,8;46,2)</b>	<b>66,7 (57,3;76,6)</b> P <sub>1</sub> =0,000001 Z <sub>1</sub> =5,13	<b>27,8 (22,6;32,5)</b> P <sub>2</sub> =0,000001 Z <sub>2</sub> =5,24 P <sub>3</sub> =0,000275 Z <sub>3</sub> =3,6 P <sub>4</sub> =0,725100 Z <sub>4</sub> =-0,35	<b>27,7 (22,7;33,8)</b> P <sub>3</sub> =0,000001 Z <sub>3</sub> =5,41 P <sub>6</sub> =0,000211 Z <sub>6</sub> =3,7 P <sub>9</sub> =0,394172 Z <sub>10</sub> =0,85	<b>29,5 (24,3;33,8)</b> P <sub>4</sub> =0,000001 Z <sub>4</sub> =5,41 P <sub>7</sub> =0,000395 Z <sub>7</sub> =3,54 P <sub>9</sub> =0,213389 Z <sub>9</sub> =1,24

Примечание: P1 – достоверность различий между относительно здоровыми донорами и больными нестабильной стенокардией; P2 – достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 5-минутному облучению; P3 – достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 30-минутному облучению; P4 – достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 15-минутному облучению; P5 – тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 5-минутном облучении; P6 – тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 15-минутном облучении; P7 – тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 30-минутном облучении; P8 – сравнение 5 и 15-минутного режима облучения; P9 – сравнение 5 и 30-минутного режима облучения; P10 – сравнение 15 и 30-минутного режима облучения. В каждом случае приведены средняя величина (медиана – Me), нижний и верхний квартили (25%;75%). Достоверность при P<0,05000.

выраженной, чем у практически здоровых лиц из группы контроля.

При сравнении эффективности влияния терагерцовых волн частотой 240 ГГц в зависимости от времени облучения были получены следующие данные. В случае 5-минутного облучения влияние было менее эффективным на максимальную скорость и степень агрегации, чем при 15 и 30-минутном облучениях. Статистически достоверной разницы в показателях агрегатограмм между 15 и 30-минутными облучениями не было обнаружено.

При сравнении двух различных режимов воздействия терагерцовых волн на частоте

240 ГГц в естественном электромагнитном поле и в скрещенных магнитном и электрическом полях на агрегационную активность тромбоцитов установлено, что при 5-минутной экспозиции не наблюдается статистически достоверной разницы между двумя режимами облучения (таблица 3).

При 15-минутном облучении более выраженным ингибирующим эффектом на агрегацию кровяных пластинок больных НС обладали терагерцовые волны на частоте МСИП NO 240 ГГц в естественном электромагнитном поле. Такой режим облучения, приводил к более значительному, статистически достоверному сни-

Таблица 2

Влияние терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц на агрегационную активность тромбоцитов больных НС, находящихся в скрещенных магнитном и электрическом полях

Показатели агрегации	Тромбоциты относительно здоровых доноров (n=20)	Интактные тромбоциты больных НС (n=120)	Тромбоциты больных НС при облучении		
			5 (n=20)	15 (n=20)	30 (n=20)
Максимальный размер образующихся тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>3,3 (2,8;3,7)</b>	<b>3,43 (2,5;4)</b> P <sub>1</sub> =0,860431 Z <sub>1</sub> =0,17	<b>2,9 (1,67;4,25)</b> P <sub>2</sub> =0,157957 Z <sub>2</sub> =1,41 P <sub>5</sub> =0,034867 Z <sub>5</sub> =2,1 P <sub>8</sub> =0,913837 Z <sub>8</sub> =0,1	<b>2,53 (1,87;3)</b> P <sub>3</sub> =0,008028 Z <sub>3</sub> =2,65 P <sub>6</sub> =0,001170 Z <sub>6</sub> =3,24 P <sub>10</sub> =0,144097 Z <sub>10</sub> =1,46	<b>2,01 (1,72;2,32)</b> P <sub>4</sub> =0,000078 Z <sub>4</sub> =3,94 P <sub>7</sub> =0,000001 Z <sub>7</sub> =4,86 P <sub>9</sub> =0,228695 Z <sub>9</sub> =1,2
Максимальная скорость образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>3,26 (2,84;3,79)</b>	<b>5,05 (3,1;6,4)</b> P <sub>1</sub> =0,008028 Z <sub>1</sub> =2,65	<b>1,92 (0,9;2,26)</b> P <sub>2</sub> =0,000396 Z <sub>2</sub> =3,54 P <sub>5</sub> =0,000104 Z <sub>5</sub> =3,88 P <sub>8</sub> =0,054789 Z <sub>8</sub> =1,9	<b>3,14 (1,6;4,3)</b> P <sub>3</sub> =0,010582 Z <sub>3</sub> =2,56 P <sub>6</sub> =0,194149 Z <sub>6</sub> =1,29 P <sub>10</sub> =0,110500 Z <sub>10</sub> =1,59	<b>2,07 (1,17;2,72)</b> P <sub>4</sub> =0,000070 Z <sub>4</sub> =3,97 P <sub>7</sub> =0,000321 Z <sub>7</sub> =3,59 P <sub>9</sub> =0,424884 Z <sub>9</sub> =0,7
Максимальная степень агрегации, %	<b>38,8 (37,4;40,1)</b>	<b>71,3 (52,6;91,1)</b> P <sub>1</sub> =0,000002 Z <sub>1</sub> =4,72	<b>41,7 (30,1;51,4)</b> P <sub>2</sub> =0,001629 Z <sub>2</sub> =3,15 P <sub>5</sub> =0,255914 Z <sub>5</sub> =1,13 P <sub>8</sub> =0,001783 Z <sub>8</sub> =3,12	<b>21,2 (8,1;34,9)</b> P <sub>3</sub> =0,000001 Z <sub>3</sub> =5,3 P <sub>6</sub> =0,000024 Z <sub>6</sub> =4,21 P <sub>10</sub> =0,776391 Z <sub>10</sub> =0,28	<b>22,8 (15,7;29,4)</b> P <sub>4</sub> =0,000001 Z <sub>4</sub> =5,41 P <sub>7</sub> =0,000001 Z <sub>7</sub> =5,41 P <sub>9</sub> =0,000019 Z <sub>9</sub> =4,27
Максимальная скорость агрегации, у.е.	<b>39,3 (33,8;46,2)</b>	<b>66,7 (57,3;76,6)</b> P <sub>1</sub> =0,000001 Z <sub>1</sub> =5,13	<b>34,2 (23,4;44)</b> P <sub>2</sub> =0,000032 Z <sub>2</sub> =4,15 P <sub>5</sub> =0,046792 Z <sub>5</sub> =1,9 P <sub>8</sub> =0,045317 Z <sub>8</sub> =2	<b>23,4 (10;37,8)</b> P <sub>3</sub> =0,000001 Z <sub>3</sub> =5,41 P <sub>6</sub> =0,002341 Z <sub>6</sub> =3,04 P <sub>10</sub> =0,704910 Z <sub>10</sub> =0,37	<b>20,3 (16,2;26,2)</b> P <sub>4</sub> =0,000001 Z <sub>4</sub> =5,41 P <sub>7</sub> =0,000001 Z <sub>7</sub> =5,15 P <sub>9</sub> =0,000170 Z <sub>9</sub> =3,75

Примечание: P1 – достоверность различий между относительно здоровыми донорами и больными нестабильной стенокардией; P2 – достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 5-минутному облучению; P3 - достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 30-минутному облучению; P4 - достоверность различий между интактными тромбоцитами больных нестабильной стенокардией и подвергнутых 15-минутному облучению; P5-тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 5-минутном облучении; P6- тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 15-минутном облучении; P7 - тромбоциты относительно здоровых доноров и тромбоцитами больных при 30-минутном облучении; P8-сравнение 5 и 15-минутного режима облучения; P9-сравнение 5 и 30-минутного режима облучения; P10 – сравнение 15 и 30-минутного режима облучения. В каждом случае приведены средняя величина (медиана – Me), нижний и верхний квартили (25%;75%). Достоверность при P<0,05000.

жению таких показателей агрегатограммы как максимальный размер образовавшихся тромбоцитарных агрегатов и максимальная скорость образования наибольших тромбоцитарных агрегатов.

При 30-минутном облучении более эффективным оказалось влияние терагерцовых волн частотой МСИП NO 240 ГГц на ОТП, находящуюся в скрещенных магнитном и электрическом полях: наблюдалось более выраженное, статистически достоверное снижение агрегации тромбоцитов по таким показателям агрегатограммы, как максимальная скорость образования наибольших тромбоцитарных агрегатов,

максимальная степень агрегации и максимальная скорость агрегации.

Агрегация кровяных пластинок зависит от активации мембранных гликопротеидных рецепторов тромбоцитов IIb-IIIa и возникновения между ними фибриновых мостиков [3, 11]. Повышение содержания в крови фибриногена увеличивает агрегационную активность тромбоцитов у больных НС [4, 16].

Возможно, что механизм антиагрегационного эффекта терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц на тромбоциты больных НС, обусловлен его влиянием на активность ферментов NO-синтазы и гуанилатциклазы,

Сравнение эффективности терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц на тромбоциты больных НС, находящихся в естественном и постоянных магнитном и электрическом полях

Показатели агрегации	В естественном электромагнитном поле			В скрещенных магнитном и электрическом полях		
	5 (n=20)	15 (n=20)	30 (n=20)	5 (n=20)	15 (n=20)	30 (n=20)
Максимальный размер образующихся тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>2,39 (1,7;2,81)</b>	<b>1,73 (1,4;1,9)</b>	<b>2,09 (1,96;2,3)</b>	<b>2,9 (1,67;4,25)</b> P <sub>1</sub> =0,755743 Z <sub>1</sub> =0,31	<b>2,53 (1,87;3)</b> P <sub>2</sub> =0,001549 Z <sub>2</sub> =3,16	<b>2,01 (1,72;2,32)</b> P <sub>3</sub> =0,473481 Z <sub>3</sub> =0,71
Максимальная скорость образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, у.е.	<b>1,61 (0,8;2,1)</b>	<b>1,74 (1,14;2,1)</b>	<b>2,1 (1,96;2,07)</b>	<b>1,92 (0,9;2,26)</b> P <sub>1</sub> =0,735268 Z <sub>1</sub> =0,33	<b>3,14 (1,6;4,3)</b> P <sub>2</sub> =0,023075 Z <sub>2</sub> =2,27	<b>2,07 (1,17;2,72)</b> P <sub>3</sub> =0,039802 Z <sub>3</sub> =2,05
Максимальная степень агрегации, %	<b>34,2 (29,2;40,3)</b>	<b>24,5 (17,8;34,5)</b>	<b>28,2 (23,7;34,5)</b>	<b>41,7 (30,1;51,4)</b> P <sub>1</sub> =0,167725 Z <sub>1</sub> =1,37	<b>21,2 (8,1;34,9)</b> P <sub>2</sub> =0,343765 Z <sub>2</sub> =0,94	<b>22,8 (15,7;29,4)</b> P <sub>3</sub> =0,043881 Z <sub>3</sub> =2,01
Максимальная скорость агрегации, у.е.	<b>27,8 (22,6;32,5)</b>	<b>27,7 (22,7;33,8)</b>	<b>29,5 (24,3;33,8)</b>	<b>34,2 (23,4;44)</b> P <sub>1</sub> =0,144097 Z <sub>1</sub> =1,46	<b>23,4 (10;37,8)</b> P <sub>2</sub> =0,330155 Z <sub>2</sub> =0,97	<b>20,3 (16,2;26,2)</b> P <sub>3</sub> =0,000137 Z <sub>3</sub> =3,81

Примечание: В каждом случае приведены средняя величина (медиана – Ме), нижний и верхний квартили (25%;75%). Достоверность при P<0,05000. P1 – сравнение 5-минутного режима; P2 – сравнение 15-минутного режима; P3 – сравнение 30-минутного режима.

приводящим в конечном итоге к образованию NO и циклического гуанозинмонофосфата, которые, наряду с циклическим аденозинмонофосфатом, обладают мощными антиагрегационными свойствами [20]. Кроме того, NO обладает также стресс-лимитирующим эффектом [19], в связи с чем в крови уменьшается содержание фибриногена, необходимого для осуществления процессов агрегации тромбоцитов [3].

Известно, что между электромагнитными терагерцовыми волнами и тромбоцитарными агрегатами существует резонансное взаимодействие [14]. При агрегации величина агрегатов увеличивается и при достижении ими размера, соизмеримого с длиной волны, они вступают в резонансное взаимодействие, что вызывает

процесс дезагрегации тромбоцитарных агрегатов у больных НС.

### Заключение

Впервые в условиях *in vitro* показана коррекция нарушенной функциональной активности тромбоцитов больных НС электромагнитными терагерцовыми волнами на частоте МСИП NO 240 ГГц.

В условиях эксперимента *in vitro* использовано воздействие терагерцовых волн на частоте МСИП NO 240 ГГц в скрещенных электрическом и магнитном полях для повышения диффузии возбужденных экзогенных молекул NO в ОТП больных НС, приводящее к возрастанию антиагрегационного эффекта.

## Литература

1. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Лебедева Н.Н. Лечение электромагнитными полями. Источники и свойства электромагнитных волн. Биомед радиоэлектрон 2000; 7: 3-9.
2. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В. Биофизические эффекты волн терагерцового диапазона и перспективы развития новых направлений в биомедицинской технологии: «Терагерцовая терапия» и «Терагерцовая диагностика». Биомед технол радиоэлектрон 2003; 12: 3-6.
3. Бышевский А.Ш., Галян С.Л., Дементьева И.А., и др. Тромбоциты. Тюмень 1996; 250 с.
4. Воскобой И.В., Киричук В.Ф., Юданова Л.С. Состояние сосудисто-тромбоцитарного гемостаза у больных различными формами стенокардии. Росс мед вест 2000; 1: 32-6.
5. Габбасов З.А., Попков Е.Г., Гаврилов И.Ю. и др. Новый высокочувствительный метод анализа агрегации тромбоцитов. Лабордело 1989; 10: 15-8.
6. Голант М.Б. О проблеме резонансного действия когерентных электромагнитных излучений миллиметрового диапазона на живые организмы. Биофизика 1989; 2: 339-48.
7. Голант М.Б. Об успехах КВЧ-медицины. К 90-летию академика Н.Д. Девяткова. 11-й Российский симпозиум с международ. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине» Москва «ИРЭ РАН» 1997; 8-9.
8. Голант М.Б. Роль миллиметровых волн в процессах жизнедеятельности. Сб. научных трудов. Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. Москва 1991; 545-7.
9. Девятков Н.Д., Арзуманов Ю.Л., Бецкий О.В. и др. Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине. 10-й Российский симпозиум с международ. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». Москва «ИРЭ РАН» 1995; 6-8.
10. Девятков Н.Д., Голант Н.Б., Бецкий О.В. ММ-волны и их роль в процессах жизнедеятельности. В кн.: Радио и связь. Москва 1991; 103-8.
11. Киричук В.Ф. Физиология крови. Саратов 2002; 102 с.
12. Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Майбородин А.В., и др. Эффект влияния излучения терагерцового молекулярного спектра оксида азота на частоте 240 ГГц на процесс активации и агрегации тромбоцитов больных нестабильной стенокардией. Миллимет вол биол мед 2004; 2: 35-40.
13. Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Майбородин А.В., и др. Влияние терагерцовых спектров излучения оксида азота на функциональную активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией. Биомед технол радиоэлектрон 2004; 12: 10-5
14. Киричук В.Ф., Волин М.В., Майбородин А.В. и др. Сравнительная характеристика эффективности воздействия на функциональную активность тромбоцитов электромагнитных КВЧ-колебаний. Цитология 2001; 1: 27-33.
15. Киричук В.Ф., Головачева Т.В., Чиж А.Г. КВЧ-терапия. Саратов. Изд-во СГМУ 1999; 360 с.
16. Киричук В.Ф., Шварц Ю.Г. Показатели сосудисто-тромбоцитарного механизма гемостаза и ближайший прогноз нестабильной стенокардии. Кардиология 1998; 38(5): 14-7.
17. Креницкий А.П., Майбородин А.В., Бецкий О.В. Квазиоптический КВЧ генераторный комплекс моделирования детерминированных шумов для биофизических исследований. Биомед технол радиоэлектрон 2003; 2: 17-24.
18. Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. и др. Электродинамическая модель взаимодействия терагерцовых волн и атмосферного воздуха с биосредой в скрещенных постоянных магнитном и электрическом полях. Биомед технол радиоэлектрон 2004; 11: 35-45.
19. Малышев И.Ю., Манохина Е.Б. Стресс, адаптация и оксид азота. Биохимия 1998; 63(7): 992-1006.
20. Северина И.С. Растворимая гуанилатциклаза в молекулярном механизме физиологических эффектов окиси азота. Биохимия 1998; 63(7): 939-92.
21. Chrapko WE, Jurazz P, Radomski MW, et al. Decreased platelet nitric oxide synthase activity and plasma nitric oxide metabolites in major depressive disorder. Biol. Psychiatry 2004; 56(2): 129-34.
22. Furchgott RF, Jothianandan D. Endothelium – dependent and independent vasodilation involving cyclic GMP: relaxation induced by nitric oxide, carbon monoxide and light. Blood Vessels 1991; 28: 52-61.
23. Tomasiak M, Stelmach H, Rusak T, et al. Nitric oxide and platelet energy metabolism. Acta Biochim Pol 2004; 51(3): 789-803.

Поступила 02/02-2005