

УДК 612.67+615.83

НЕЙРОИММУНОЭНДОКРИННЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВОЗРАСТ-АССОЦИИРОВАННОЙ ПАТОЛОГИИ

Медведев Д.С., Молодцова И.Д., Янова О.А.

*Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии СЗО РАМН,
Санкт-Петербург, e-mail: ibg@gerontology.ru*

В статье обсуждаются нейроиммуноэндокринные аспекты влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона (ЭМИ ММД) на организм человека при различной возраст-ассоциированной патологии. Представлен обзор результатов современных исследований по оценке патофизиологических механизмов и клинических эффектов применения ЭМИ ММД при различной патологии. Приведен обзор результатов собственных исследований, позволивших установить, что применение низкоинтенсивного ЭМИ ММД способно корректировать нарушенный оксидативный гомеостаз, стимулирует повышение продукции эндогенных опиоидов, способствует повышению продукции кортизола и плотности рецепторов к нему при заболеваниях кардиологического (хроническая сердечная недостаточность, артериальная гипертензия), пульмонологического (хроническая обструктивная болезнь легких), неврологического (хронические боли в нижней части спины) и гастроэнтерологического (язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки) профилей. Приведенные данные показывают, что сигнальные молекулы, осуществляющие различные нейроиммуноэндокринные межклеточные взаимодействия и играющие ключевую роль в патогенезе различных возраст-ассоциированных заболеваний, являются мишенями действия КВЧ-терапии, что позволяет, с этих позиций, считать перспективным и необходимым детальное изучение и разработку клеточно-молекулярных подходов к профилактике, лечению и реабилитации пожилых пациентов с применением низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона.

Ключевые слова: ЭМИ ММД, миллиметровые волны, КВЧ-терапия, нейроиммуноэндокринология, сигнальные молекулы, возраст-ассоциированная патология

NEUROIMMUNOENDOCRINOLOGY ASPECTS OF INFLUENCE OF LOW INTENSITY MILLIMETER RANGE ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE HUMAN ORGANISM AT DIFFERENT AGE-ASSOCIATED PATHOLOGIES

Medvedev D.S., Molodzova I.D., Yanova O.A.

St. Petersburg Institute of Bioregulation and gerontology, St. Petersburg, e-mail: ibg@gerontology.ru

The article discusses neuroimmunoendocrinology aspects of influence of low intensity millimeter wave on the human organism at different age-associated pathologies. Provides an overview of the results of modern studies on the assessment of the pathophysiological mechanisms and clinical effects of millimeter wave various pathologies. Provides an overview of the results of our researches have allowed to establish, that the application of low intensity millimeter wave is able to correct impaired oxidative homeostasis, stimulates the increase of the production of endogenous opioids, promotes the production of cortisol and density of receptors to him when cardiac diseases (chronic heart failure, arterial hypertension), pulmonology (chronic obstructive pulmonary disease), neurological (chronic pain in the lower back) and gastrointestinal (stomach ulcer and duodenal ulcer) profiles. The data show that a signal molecules engaged neuroimmunoendocrinology intercellular interactions and play a key role in the pathogenesis of various age-related diseases, are the targets of the actions of the EHF-therapy, which allows, with these positions, considered perspective and necessary detailed study and development of cellular-molecular approaches to prevention, treatment and rehabilitation of older patients with the use of low-intensity millimeter wave.

Keywords: millimeter wave, EHF-therapy, neuroimmunoendocrinology, signaling molecules, different age-associated pathologies

Известно, что с возрастом происходит «накопление» хронических заболеваний, отмечается множественность патологических процессов. Организм человека в пожилом возрасте отличается рядом особенностей, которые требуют изменения тактики лечения. К ним относятся замедление фармакодинамики лекарственных препаратов, увеличение периода их полувыведения и количества продуктов распада. Часты случаи парадоксальной реакции пожилых пациентов на введение лекарственных средств, обострения под их влиянием сопутствующей патологии, развитие по-

бочных эффектов. Это снижает диапазон применения медикаментозной терапии, выдвигая на первый план немедикаментозные методы, а также развитие комплексных лечебно-реабилитационных программ (Коркушко О.В., 1996; Войтенко В.П., 1997; Ильницкий А.Н., 2003, 2008; Лазебник Л.Б., 2007, 2008).

В последние годы применение немедикаментозных методов в лечении и реабилитации переживает «второе рождение». С одной стороны, это связано с появлением новых методов немедикаментозного воздействия, с другой – развитием новых

областей биомедицины, которые позволяют выяснить клеточно-молекулярные механизмы действия немедикаментозных факторов.

В первую очередь, к таким методам относятся воздействия лечебных физических факторов – тепловых процедур, постоянного или переменного тока малой силы, электромагнитного поля разной частоты, световых волн в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Среди разработок последних десятилетий широкое распространение получило направление, связанное с использованием электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн (ЭМИ ММД).

ЭМИ ММД достаточно широко вошли в медицинскую практику и показали свою эффективность в лечении широкого ряда заболеваний, оказывая нормализующее действие на основные механизмы развития общепатологических процессов, лежащих в основе многих заболеваний. Этот аспект их применения получил название крайне высокочастотной терапии (КВЧ-терапии). Современная КВЧ-терапия – это метод лечебного воздействия электромагнитным излучением миллиметрового диапазона (1–10 мм) крайне высокой частоты (30–300 ГГц) низкой интенсивности (менее 10 мкВт/см²).

В то же время фундаментальные аспекты влияния лечебных физических факторов на организм человека, в том числе и электромагнитного излучения крайне высокой частоты, нуждаются в дальнейшем изучении и уточнении. За последние 15–20 лет общепринятые представления о механизмах регуляции гомеостаза и этиопатогенеза многих заболеваний значительно расширились, благодаря верификации более 1000 биологически активных сигнальных молекул, продуцируемых нервными, иммунными и эндокринными клетками в различных органах и тканях. Стало очевидным, что многочисленные сигнальные молекулы, осуществляющие нейроиммуноэндокринные взаимодействия, могут являться мишенями таргетного действия фармакологических препаратов, однако динамика синтеза и экспрессии сигнальных молекул при действии лечебных физических факторов практически не изучена (Пальцев М.А., Кветной И.М., 2006).

Целью исследования явился обзор данных литературы и анализ результатов собственных исследований для оценки состояния вопроса о нейроиммуноэндокринных механизмах эффективности электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на организм человека при различной возраст-ассоциированной патологии.

Анализ литературных данных показывает, что первичные процессы, приводящие

к изменению синтеза и секреции биологически активных веществ при действии ЭМИ КВЧ, разворачиваются на уровне кожи (Гапеев А.Б., Черемис Н.К., 2008). Среди клеточных структур, присутствующих в коже и потенциально способных влиять на содержание регуляторных веществ в организме, можно выделить нервные окончания и секреторные клетки кожи. При участии нейроиммуноэндокринной системы происходит трансформация первичной информации о КВЧ-воздействии в факторы нейрогуморальной регуляции, которые и вызывают различную реакцию со стороны различных сигнальных молекул.

В восприятии ЭМИ КВЧ на уровне целого организма задействована сложная нейрогуморальная система реагирования. Сигнал о воздействии, поступающий в ЦНС, через гипоталамо-гипофизарный тракт может вызывать изменение функциональной активности желез внутренней секреции, а также через эфферентные нервные волокна напрямую воздействовать на функциональную активность внутренних органов (Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., 2003; Гапеев А.Б., Черемис Н.К., 2008).

Согласно одной из моделей механизма действия КВЧ-терапии связан с дегрануляцией тучных клеток, что, в свою очередь, приводит к запуску целого каскада реакций. Что касается механизмов, приводящих к дегрануляции тучных клеток кожи при действии ЭМИ КВЧ, то предполагается, что эффект излучения связан с влиянием на кальцийзависимую внутриклеточную сигнализацию, чувствительную к изменению кальция и реагирующих на ее увеличение (даже при неспецифической стимуляции) выбросом гистамина (Гапеев А.Б., 2006).

В качестве механизма действия КВЧ-терапии рассматривается также возможность ее влияния на слабые электростатические связи (например, водородные, гидрофобные), которым принадлежит ведущая роль в поддержании пространственной структуры (конформации) биологических молекул и надмолекулярных структур. Через модификацию слабых взаимодействий волны КВЧ диапазона могут изменять физико-химические свойства белков, липидов, каталитические свойства ферментов, прочность липопротеиновых и других комплексов (Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., 2003).

В ответной реакции организма на электромагнитное излучение крайне высокочастотного диапазона можно выделить элементы кожно-висцеральных рефлексов и, в большей степени, реакцию со стороны неспецифических адаптационно-приспособительных механизмов.

Установлены специфические ответы биологических объектов (тканей, органов, органных систем) на воздействие ЭМИ КВЧ диапазона. Выявлено, что выраженное иммуностропное действие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ-диапазона обусловлено изменением организации хроматина клеток лимфоидных органов, проявляется в модификации клеточного и неспецифического иммунитета: снижает интенсивность клеточного иммунного ответа в реакции гиперчувствительности замедленного типа, оказывает противовоспалительное действие, проявляющееся уменьшением экссудации и гиперемии очага воспаления, уменьшает фагоцитарную активность нейтрофилов периферической крови и не влияет на гуморальный ответ на иммунзависимый антиген, локальное действие КВЧ излучения вызывает дегрануляцию тучных клеток, что является важным механизмом в реализации действия ЭМИ КВЧ на уровне организма с синхронным участием нервной, эндокринной и иммунной систем (Гапеев А.Б. 2006); выявлено снижение повышенных стрессом уровней катехоламинов, серотонина и экспрессия Ia-антигена развивающиеся под воздействием ЭМИ КВЧ-диапазона, что позволяет считать данный фактор иммунно-вегетостабилизирующим (Бочкарева А.Г. 2002); выявлены особенности реагирования тканей селезенки в зависимости от параметров (в частности, частоты излучения) ЭМИ КВЧ-диапазона, показано выраженное превентивное и постстрессовое влияние КВЧ-терапии на структурно-функциональное состояние надпочечников (Полина Ю.В. 2009); выявлено, что КВЧ-воздействие оказывает ингибирующее воздействие на повышенную функциональную активность тромбоцитов, нормализуя функционирование тромбоцитарное звено системы гемостаза (Волин М.В., 2001).

Работами последних лет показано, что электромагнитные излучения КВЧ диапазона обладают гемостимулирующим, антиоксидантным и адаптирующими эффектами на фоне цитостатического поражения органов (Карева Н.П., 2007); описано увеличение пролиферативной активности дермальных фибробластов и улучшение тканевого кровотока у пациентов с дистрофической патологией суставов (Полякова А.Г. 2004); обнаружено трофическое влияние данного воздействия на структуры тазобедренного сустава, улучшение репаративных процессов, уменьшение аутоинтоксикации, коррекция нарушенных параметров гемостаза у крыс на фоне комбинированного поражения (тотальное облучение в дозе 5 Гр и нанесенной резаной кожной ране) (Капустина Н.Б. 2002); отражено

нормализующее влияние на биоэлектрическую активность мозга (уменьшение признаков дисфункции на диэнцефальном уровне), уменьшение выраженности астении и болевой симптоматики, оптимизирующее действие на реактивность вегетативной нервной системы при нагрузочных пробах (Машанская А.В., 2007).

Исследования последних лет позволили установить, что КВЧ-терапия способна корректировать нарушенный оксидативный гомеостаз (Медведев Д.С., 2010, 2011). В последние годы показано, что *in vivo* существуют качественно измененные, модифицированные липопротеины – продукты свободнорадикального и перекисного окисления. По современным представлениям, именно они играют основную роль в сложном процессе атерогенеза: показано, что все стадии атерогенеза связаны с окислительной модификацией липопротеинов. Окисленные липопротеины низкой плотности активно поглощаются макрофагами, способствуя формированию пенистых клеток, а также благодаря свойственной им цитотоксичности участвуют в повреждении стенки кровеносных сосудов, а окисленные липопротеины высокой плотности резко уменьшают свою способность акцептировать холестерин из тканей, в результате чего он накапливается в стенках сосудов, создавая тем самым условия для формирования атеросклеротической бляшки.

Установлено, что стандартный курс КВЧ-терапии (в среднем 15 процедур) при лечении пациентов старших возрастных групп с хронической сердечной недостаточностью, артериальной гипертензией, климактерическим синдромом с вегето-сосудистыми проявлениями, хронической обструктивной болезнью легких сопровождается стойкими антиоксидантными эффектами, сохраняющимися в течение 6 месяцев. Это проявляется в снижении концентрации малонового диальдегида (МДА) в сыворотке крови, как промежуточного метаболита перекисного окисления, характеризующего долгосрочные оксидативные процессы, и увеличении концентрации сульфгидрильных групп (SH-группы) в периферической крови, как маркера антиоксидантных процессов, а также в увеличении антиокислительного коэффициента, вычисляемого как отношение концентрации SH-групп в периферической крови к концентрации МДА в сыворотке крови (Медведев Д.С., 2011).

При таких заболеваниях, как хронические боли в нижней части спины, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки и тревожно-депрессивный синдром уровни МДА и SH-групп в под влиянием

КВЧ-терапии в оцениваемый период времени достоверно ($p > 0,05$) не изменялись (Медведев Д.С., 2011).

Таким образом установлено, что КВЧ-терапия способна корригировать нарушенный оксидативный гомеостаз, что свидетельствует о ее патогенетическом таргетном действии. Нозологические формы, при которых КВЧ-терапия оказала протективное воздействие, можно объединить по принципу высокой выраженности нарушений оксидативного гомеостаза. В случае с патологией, при которой КВЧ-терапия не обладала способностью снижать выраженность оксидативного стресса, начальные уровни прооксидантного МДА были достоверно ниже по сравнению с заболеваниями, при которых КВЧ-терапия коррегировала оксидативный гомеостаз (Медведев Д.С., 2011). Это объясняется тем, что КВЧ-воздействие влияет на нейроиммуноэндокринную систему, вызывая реакцию со стороны различных сигнальных молекул, и, в частности, стимулирует синтез оксида азота. Оксид азота обладает сосудистотропным действием, и его молекулы являются или непосредственно мишенями действия КВЧ-терапии, или опосредованно через различные реакции, что и приводит к сдвигам в оцениваемых показателях оксидативного гомеостаза при заболеваниях, при которых оказывается заинтересованной кардиоваскулярная система.

При применении КВЧ-терапии происходит повышение продукции эндогенных опиоидов. Выявлена положительная динамика опиоидных сигнальных молекул β -эндорфина, лей-энкефалина и мет-энкефалина в сыворотке крови при заболеваниях кардиологического (при хронической сердечной недостаточности, артериальной гипертензией), пульмонологического (при хронической обструктивной болезни легких), неврологического (при хронических болях в нижней части спины) и гастроэнтерологического (при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки) профилей при проведении курса КВЧ-терапии (Медведев Д.С., 2011).

КВЧ-терапия способна потенцировать протективные опиоидные эффекты медикаментозного воздействия при ряде нозологических форм, при которых применяются лекарственные средства, воздействующие на систему ноцицепции/антиноцицепции (Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., 1991). Так, наилучшие эффекты суммации получены при язвенной болезни в случае назначения ингибиторов протонной помпы, при болях в нижней части спины в случае назначения препаратов из группы нестероидных противовоспалительных средств (Медведев Д.С., 2011).

Также эффекты потенцирования немедикаментозного и медикаментозного воздействия наблюдались при лечении климактерического синдрома и хронической сердечной недостаточности, что обусловлено применением при этих состояниях болеутоляющих и антиангинальных препаратов (в частности, бета-блокаторов, кофеиноподобных лекарственных средств и др.) (Прощаев К.И. и др., 2010).

Исчерпывающих объяснений механизмов антиноцицептивного (анальгетического) действия КВЧ-терапии до сих пор не существует, хотя этому вопросу посвящено значительное количество научных исследований. Исследования, проведенные у больных с ранними формами церебрального атеросклероза, обнаружили выраженные изменения в медиобазальных отделах мозга в диапазонах дельта-, тета- и альфа-ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) после КВЧ-воздействия (Тышкевич Т.Г., 1998). Было отмечено увеличение спектральной мощности альфа-ритмов, что указывало на развитие процессов синхронизации, и уменьшение спектральной мощности медленных волн, что свидетельствовало о нормализации функционального состояния головного мозга (Капустина Н.Б., 2002). У больных, страдающих артериальной гипертензией, КВЧ-терапия в начале курса лечения усиливала активационный процесс в ЦНС, а к окончанию курса, напротив, происходило эффективное усиление тормозных процессов. Выраженный седативный эффект КВЧ-терапии был подтвержден снижением частоты пиков в альфа- и бета-диапазонах, увеличением мощности альфа-ритма, сглаживанием зональных различий в альфа-диапазоне и снижением коэффициента межполушарной асимметрии (Прощаев К.И. и др., 2010).

Под действием электромагнитного излучения крайне высокочастотного диапазона возможна периферическая активация антиноцицептивных механизмов. При этом в роли чувствительного рецептора выступают ноцицепторы, попадающие в зону прямого действия КВЧ-излучения, так как глубина проникновения электромагнитного излучения крайне высокочастотного диапазона в кожу составляет 300–500 мкм (Гапеев А.Б. 2006). Затем сигнальная информация через задние рога спинного мозга попадает в головной мозг по лемнисковой и экстралемнисковой афферентным системам. Обезболивающий эффект, возможно также, связан с тем, что серотонинергическая эндогенная обезболивающая система активирует ствол, что оказывает тормозящее влияние на нейроны задних рогов спинного мозга и блокирует передачу ноцицептивной информации.

Обезболивающий эффект КВЧ-волн может быть также связан и с системой эндогенных опиоидных пептидов, так как обнаружена возможность первичного восприятия ЭМИ КВЧ опиоидными рецепторами. Таким образом, анальгетический эффект КВЧ-терапии связывают с активацией серотонин- и опиоидергических обезболивающих систем (Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., 1991).

КВЧ-терапия является методом, который оказывает влияние на модуляцию стресса за счет нормализации нейроиммуноэндокринных взаимоотношений в системе «глюкокортикоидные гормоны – глюкокортикоидная рецепция» (Медведев Д.С., 2011).

При наличии хронической патологии отмечается наличие рецепторной глюкокортикоидной недостаточности при увеличении продукции кортизола, особенно в пожилом возрасте. Отсутствие рецепторной базы, опосредуемой эффектами кортизола, приводит к дефициту адаптации, что способствует дальнейшему развитию и прогрессированию имеющихся у пожилых пациентов заболеваний.

Установлено, что при комплексном лечении с применением крайне высокочастотной терапии у пациентов с сердечно-сосудистой, неврологической и гастроэнтерологической патологиями повышается уровень кортизола в сыворотке крови при увеличении активности «истинных» глюкокортикоидных рецепторов II типа, реализующих эффект кортизола, и глюкокортикоидных рецепторов III типа, ингибирующих эффект кортизола, что коррелирует с положительной клинической динамикой, снижая уровень выраженности стрессорных реакций и повышая адаптационные возможности организма (Медведев Д.С., 2011). Полученные данные свидетельствуют о том, что комплексное лечение с применением КВЧ-терапии способствует повышению как продукции кортизола, так и повышению плотности рецепторов к нему. Эти результаты отражают повышение адаптационных возможностей организма и позволяют судить о высоком потенцирующем и адаптивном системном воздействии КВЧ-терапии.

Заключение

Приведенные данные последних исследований показывают, что сигнальные молекулы, осуществляющие нейроиммуноэндокринные межклеточные взаимодействия и играющие ключевую роль в патогенезе различных заболеваний, являются мишенями действия КВЧ-терапии, что в свою очередь, демонстрирует таргетный характер действия КВЧ-терапии и позволяет, с этих позиций, считать перспективным и необходимым детальное изучение и разработку клеточно-молекулярных подходов к профи-

лактике, лечению и реабилитации пожилых пациентов с применением низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона.

Список литературы

1. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н. Основные биофизические и физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивных миллиметровых волн // Миллиметровые волны в медицине и биологии. Тезисы докладов XIII Российского симпозиума с международным участием. – М., 2003. – С. 133–137.
2. Гапеев А.Б. Физико-химические механизмы действия электромагнитного излучения крайне высоких частот на клеточном и органном уровнях: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Пушкино, 2006. – 48 с.
3. Капустина Н.Б. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ-диапазона с шумовым спектром на некоторые показатели гомеостаза человека и животных. – Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Нижний Новгород, 2002. – 23 с.
4. Медведев Д.С. КВЧ-терапия и нейроиммуноэндокринные взаимодействия // Актуальные проблемы клинической геронтологии: сб. мат. межрегион. конф. с межд. участием. – Белгород. – 2009. – С. 11–12.
5. Медведев Д.С. Общепатологические и нейроиммуноэндокринологические аспекты применения крайне высокочастотной терапии в комплексном лечении пациентов пожилого и старческого возраста: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2011. – 44 с.
6. Немедикаментозные методы в гериатрии: учебное пособие. (Гриф УМО по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России) / под ред. акад. РАМН Н.И. Денисова / К.И. Прошаев, А.Н. Ильницкий, Д.С. Медведев, А.А. Синицкий. – СПб., 2010. – 92 с.
7. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н. Антистрессовое воздействие миллиметровых волн // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. – М.: ИРЭ АН СССР, 1991, ч. 2. – С. 334–338.

References

1. Beckij O.V., Lebedeva N.N. Osnovnye biofizicheskie i fiziologicheskie mehanizmy biologicheskikh jeffektov nizkointensivnykh millimetrovnykh voln. Millimetrovye volny v medicine i biologii. Tezisy dokladov XIII Rossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem. Moscow, 2003, pp. 133–137.
2. Gapeev A.B. Fiziko-himicheskie mehanizmy dejstvija jelektromagnitnogo izluchenija krajne vysokih chstot na kletochnom i organnom urovnjah. Avtoref. dis. ... dokt. fiz.-mat. nauk. Pushhino, 2006, 48 p.
3. Kapustina N.B. Vlijanie nizkointensivnogo JeMI KVCh-diapazona s shumovym spektrom na nekotorye pokazateli gomeostaza cheloveka i zhivotnyh. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Nizhnij Novgorod, 2002. 23 p.
4. Medvedev D.S. KVCh-terapija i nejroimmunojendokrinnye vzaimodejstvija. Sb. mat. mezhregion. konf. s mezhd. uchastiem «Aktualnye problemy klinicheskoy gerontologii». Belgorod, 2009, pp. 11–12.
5. Medvedev D.S. Obshhepatologicheskie i nejroimmunojendokrinologicheskie aspekty primenenija krajne vysokochastotnoj terapii v kompleksnom lechenii pacientov pozhilogo i starcheskogo vozrasta. Avtoref. dis. ... d.m.n. SPb., 2011, 44 p.
6. Nemedikamentoznye metody v geriatrii. Uchebnoe posobie. (Grif UMO po medicinskomu i farmacevticheskomu obrazovaniju vuzov Rossii). Pod red. akad. RAMN N.I. Denisova. SPb., 2010. 92 p.
7. Temurjanc N.A., Chujan E.N. Antistressovoe vozdejstvie millimetrovnykh voln. Sb.: Millimetrovye volny neteplovoj intensivnosti v medicine. Moscow, IRJe AN SSSR, ch. 2, 1991, pp. 334–338.

Рецензенты:

Полякова В.О., д.б.н., профессор, руководитель лаборатории клеточной биологии, ФГБУ «НИИ акушерства и гинекологии им. Д.О. Отта» СЗО РАМН, г. Санкт-Петербург;
Прошаев К.И., д.м.н., профессор, директор, АНО «Научно-исследовательский медицинский центр «Геронтология», г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 30.10.2013.