

М.С.Громов¹, И.А.Норкин², Д.М.Пучиньян², Н.Н.Павленко², И.В.Терехов¹,
Н.Х.Бахтеева², М.Н.Незнамов¹, В.А.Зайцев², В.И.Петросян³, Б.Л.Дягилев³,
С.А.Дубовицкий³

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
НОВООБРАЗОВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С
ПОМОЩЬЮ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД**

¹ ГОУ ВПО Саратовский военно-медицинский институт, г. Саратов

(Начальник – проф. Громов М.С.);

² ФГУ Саратовский Научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии Росмедтехнологий, г. Саратов

(Директор – проф. Норкин И.А.);

³ ООО «Телемак», г.Саратов

(Генеральный директор – к.ф.-м.н. Дубовицкий С.А.)

Реферат

В исследовании обсуждается возможность неинвазивного выявления и классификации новообразований опорно-двигательного аппарата с помощью активной резонансной радиометрии, позволяющей регистрировать сверхслабое электромагнитное радиоизлучение биотканей, отражающее состояние сосудистой проницаемости и активность транскапиллярного обмена воды.

Ключевые слова: активная СВЧ радиометрия, диагностика новообразований опорно-двигательного аппарата, водосодержащая среда организма.

M.S. Gromov¹, I.A.Norkin², D.M.Puchinyan², N.N.Pavlenko², I.V. Terekhov¹,
N.H.Bachteeva², M.N.Neznamov¹, V.A.Zaycev², V.I.Petrosyan³, B.L.Diaghilev³,
S.A.Dubovickiy³

**THE TUMOR ON MUSCULOSKELETAL SYSTEM DIFFERENTIATION
WITH THE HELP BY MICROWAVE RADIATION OF HYDROGENOUS
ENVIRONMENTS**

¹ Saratov Military – Medical Institute,

(Head of the Institute – Prof. M.S. Gromov);

² Saratov Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics

(Head of the Institute – Prof. I.A. Norkin);

³ Research and Production Firm «Telemak»

(General Director – S.A. Dubovickiy, PhD)

Referat

In study discussion to possibility noninvasive identification and classification neoplasm in musculoskeletal system with the help by active microwave radiometry which permit registration low-intensity microwave radiation by tissue. Received microwave radiation reflected the state of vessel permeability and activity transcapillary metabolism.

Key words: active microwave radiometry, diagnostic, body hydrogenous environment.

Актуальность проблемы идентификации и дифференциации патологических новообразований опорно-двигательного аппарата, не смотря на прогресс в сфере медицинских технологий, все еще остается высокой. Отчасти эта проблема обусловлена отсутствием методов неинвазивной, безопасной и недорогой диагностики, позволяющих проводить оперативный скрининг патологических изменений.

В этой связи активная сверхвысокочастотная (СВЧ) радиометрия, основанная на явлении преобразования водными средами низкоинтенсивных внешних электромагнитных излучений резонансных частот, являющаяся чувствительным методом оценки состояния водосодержащих сред, может быть рассмотрена в качестве перспективного способа идентификации изменений у пациентов с патологией опорно-двигательного аппарата [1-4].

Целью исследования являлось изучение возможности идентификации и дифференциации новообразований опорно-двигательного аппарата с помощью низкоинтенсивного радиоизлучения водосодержащих сред организма.

Материалы и методы

В исследование включено 30 пациентов с новообразованиями трубчатых костей, а так же 30 здоровых лиц в возрасте 20-50 лет. В I-ю группу исследования включено 15 пациентов с доброкачественными новообразованиями, представленными костно-хрящевыми экзостозами и хондромами, II-ю группу составили 15 больных с хондросаркомами и остеохондросаркомами. Клинико-рентгенологический диагноз верифицирован на основании данных гистологического исследования.

Оценка уровня излучения водосодержащих сред обследуемых конечностей проводилась с помощью программно-аппаратного комплекса «Аквафон» (ООО «Телемак», г.Саратов) в дневные часы, в положении обследуемого сидя, либо стоя.



Рис.1. Диагностирующий комплекс «Аквафон».

Диагностирующий комплекс состоит из модуляционного СВЧ радиометра прямого усиления, настроенного на прием радиоволн на частоте 1000 ± 25 МГц, а так же приемно-излучающего модуля (ПИМ), включающего источник зондирующего низко-интенсивного (плотность потока мощности менее 10 мкВт/см^2) крайневисокочастотного (КВЧ) излучения частотой 65 ГГц и приемной аппликаторной согласованной с кожей антенны [3].

Метод активной СВЧ радиометрической оценки состояния водосодержащих сред тканей заключается в зондировании обследуемой области низкоинтенсивным излучением, на частоте радиопрозрачности водосодержащих сред (65 ГГц) и регистрации радиоотклика биоткани в смещенном частотном диапазоне, на

частоте 1000 МГц [3, 4]. В основе метода лежит способность молекулярной системы воды, образованной при участии водородных связей, преобразовывать зондирующее излучение на частоте совпадающей с частотой колебаний молекул воды в собственное радиоизлучение молекул, на большей длине волны. Мощность принимаемого излучения является информационным параметром и подвергается анализу [4].

Таким образом, активная радиометрия, позволяющая регистрировать слабое радиоизлучение биотканей, представляет собой технологию нелинейной радиолокации внутренних сред организма.

Способность тканей организма генерировать СВЧ излучение под влиянием внешнего КВЧ поля, было предложено называть «волновой активностью среды» - ВА [1, 2]. При этом оценка СВЧ излучения биотканей производится в относительных единицах. За 100 единиц принимается уровень излучения дистиллята воды при 37 °С, что соответствует уровню мощности излучения $\sim 10^{-14}$ Вт [3].

Обследование сегмента конечности проводилось по передней, задней, латеральной и медиальной поверхностям. На рис.2. представлена схема установки ПИМ при проведении исследования.



Рис.2. Схема установки приемно-излучающего модуля в процессе обследования

Примечание: стрелкой указано направление перемещения ПИМ в ходе обследования

Первой точкой установки приемно-излучающего модуля прибора являлась верхняя анатомическая граница обследуемого сегмента конечности. После установки ПИМ в точку регистрации в течении 2-х секунд производится оценка уровня излучения биоткани, после чего под контролем зрения производится перемещение ПИМ по оси конечности по направлению к нижней границе сегмента на расстояние равное диаметру ПИМ (около 5 см) с последующей регистрацией радиосигнала. В ходе обследования в соответствии с алгоритмом программного обеспечения диагностирующего комплекса производится оценка радиосигнала биотканей со всей поверхности области интереса.

Интенсивность сосудистой проницаемости - транскапиллярного обмена (ТКО) воды в группах, выражаемого в миллилитрах (мл) воды на 100 мл артериальной крови, оценивалась по результатам активной радиометрии в соответствии с предложенным способом [2].

Статистическая обработка результатов исследования проводилась в программе Statistica 6.0. В процессе обработки рассчитывалась выборочная средняя (\bar{x}), среднеквадратичное отклонение (σ), медиана выборки (Me), а так же 25% и 75% процентиля. Оценка статистической значимости различий проводилась с помощью H - критерия Краскела-Уоллеса (Kruskal-Wallis). Однородность выборочных дисперсий оценивали с помощью критерия Levene.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки ВА тканей конечностей у обследованных лиц представлены в табл. 1.

Таблица 1

Волновая активность (ед.) водосодержащих сред

Группы	\bar{x}	σ	25%	Me	75%
I	403,6	26,9	383,3	402,6	418,9
II	485,1	87,8	440,7	497,0	556,0
Контрольная	399,0	46,1	382,1	417,1	428,0

Проведенный анализ выявил статистически значимый характер межгрупповых различий величины ВА тканей, о чем свидетельствует значение H - теста Краскела-Уоллеса 249,1; $p < 0,001$. Полученные результаты указывают на существенные различия в уровне радиосигнала у здоровых лиц и пациентов со злокачественными новообразованиями, что указывает на увеличение степени преобразования тканью злокачественной опухоли зондирующего излучения, являющееся следствием существенных изменений водосодержащих сред в зоне

злокачественных новообразований. В исследовании так же выявлен статистически значимый характер межгрупповых различий дисперсий радиосигнала (значение F-критерия 118,1; $p < 0,001$), что указывает на неодинаковую степень неоднородности преобразования зондирующего излучения тканями с различной морфологией.

Соотношение ВА на стороне опухоли и противоположной стороне, характеризующее симметрию радиосигнала в пределах сегмента конечности, представлено на рисунке 2.

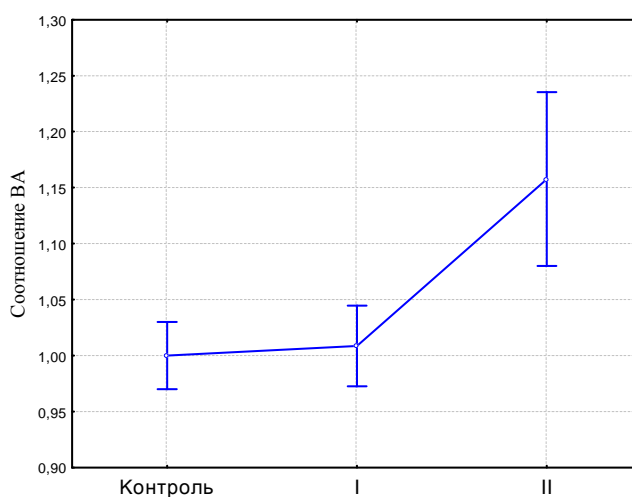


Рис.2. Оценка симметрии уровня ВА в группах исследования

Анализ соотношения ВА на стороне поражения и противоположной стороне показал, что максимальными, статистически значимыми различиями радиосигнала с симметричных отделов конечности характеризуются злокачественные новообразования ($p = 0,0007$). При доброкачественных новообразованиях отношение ВА, мало отличается от единицы, что указывает на минимальную степень асимметрии радиосигнала. У здоровых лиц радиосигнал с

симметричных участков конечности характеризуется практически одинаковыми уровнями, весьма близкими с доброкачественными опухолями ($p=0,74$), что указывает на однородный и равноинтенсивный характер распределения радиосигнала по сегментам конечностей у здоровых лиц.

В соответствии с предложенной формулой оценки интенсивности транскапиллярного обмена (ТКО) воды по результатам оценки СВЧ радиосигнала биотканей [2] были рассчитаны эквивалентные ВА значения сосудистой проницаемости (рис.3).

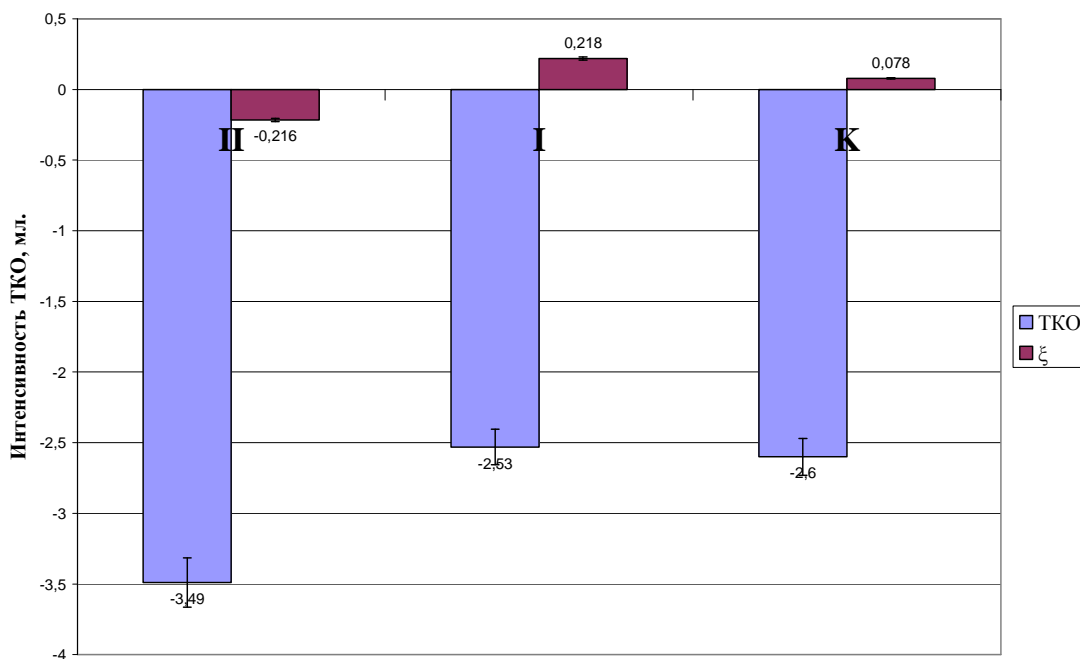


Рис.3. Результаты радиометрической оценки сосудистой проницаемости в группах

Примечание: К – контрольная группа, I – I-я группа, II – II-я группа

Анализ оценки сосудистой проницаемости в тканях, выявил статистически значимый характер повышения ТКО у больных со злокачественными новообразованиями в сравнении доброкачественными ($p=0,032$) и здоровыми

лицами ($p=0,029$). При этом интенсивность ТКО у больных с доброкачественными новообразованиями существенно не отличалась от значений здоровых лиц и была статистически значимо ниже, чем в I-ой подгруппе ($p=0,32$).

Расчет характера неоднородности сосудистой проницаемости ($\xi_{\text{ТКО}}$) в пределах сегмента конечности, на основе данных о дисперсии ВА (табл.1) показал, что у здоровых лиц, ТКО характеризовался минимальной вариабельностью значений, что указывает на уравновешенный и стабильный характер обмена воды в тканях здоровых лиц. У больных II-й группы неоднородность ТКО составляет до 10% от средних значений проницаемости, при этом положительная величина рассчитанной вариабельности позволяет говорить о смещении транскапиллярного градиента проницаемости в зоне опухоли в направлении ткань \rightarrow микроциркуляторное русло, что может рассматриваться как дефицит (недостаточность) ТКО в зоне опухоли. В противоположность больным с доброкачественными образованиями, при злокачественных опухолях рассчитанная величина неравномерности ТКО носит отрицательный знак, указывая на усиление ТКО в зоне опухоли, при этом вектор перемещения жидкости направлен из сосудистого русла в сторону образования.

Таким образом, усиление активности преобразования зондирующего излучения в собственное излучение молекулярных водных структур, может быть интерпретировано с точки зрения изменений сосудистой проницаемости. При этом отсутствие новообразований характеризуется минимальной неоднородностью транскапиллярного обмена сегмента конечности, соотношением ВА конечностей близким к единице, а так же величиной ТКО,

определяемой радиометрически, не превышающей -2,6 мл. Доброкачественное новообразование ассоциировано с положительной неоднородностью ТКО в пределах 10% от его абсолютных значений. Злокачественное новообразование характеризуется асимметрией ВА, повышенным уровнем ТКО свыше -2,6 мл в сочетании с отрицательными значениями неоднородности ТКО сегмента конечности в пределах 10% от его абсолютных значений.

Выводы

1. Результаты исследования свидетельствуют о выраженных изменениях способности опухолевых тканей преобразовывать внешнее стимулирующее радиоизлучение в излучение водосодержащих сред, что указывает на существенное изменение радиофизических свойств у опухолевых тканей.

2. Установлено, что наибольшими изменениями радиофизических свойств, по сравнению со здоровыми тканями, характеризуются злокачественные новообразования.

3. Изменения радиометрических показателей могут быть интерпретированы с позиций изменений сосудистой проницаемости в зоне образования. При этом наибольшая сосудистая проницаемость регистрируется в зоне злокачественных новообразований.

4. Проведенное исследование показало информативность ВА биотканей в идентификации и дифференциации новообразований конечностей, что требует проведения дальнейших исследований по оценке клинической значимости нового диагностического параметра.

Литература

1. Громов, М.С. Особенности собственного излучения водосодержащих сред организма и их использование для идентификации и мониторинга воспалительно-инфильтративных изменений нижних отделов респираторного тракта /М.С.Громов, И.В.Терехов, В.В.Аржников // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Том 5. – № 4. – С. 558-561.

2. Терехов, И.В. Оценка сосудистой проницаемости с помощью активной радиометрии /И.В.Терехов //Аспирантский вестник Поволжья. – 2009.– №7-8. – С.187-190.

3. Транс-резонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование /В.И.Петросян, М.С.Громов, С.В.Власкин и др. //Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – №1.– С. 23-26.

4. Чукова, Ю.П. Научный комментарий к некоторым аспектам исследования биоэффектов ММ-излучения /Ю.П.Чукова //Биомедицинская радиоэлектроника. – 2001. – №11. – С.32-44.

Сведения об авторах:

Громов Михаил Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор, начальник Саратовского Военно–медицинского института

Адрес: 410010, Саратов, Артиллерийская ул., 2.

Телефон: (8452) 69-22-95

E-mail: trft@mail.ru

Норкин Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор, директор Саратовского НИИ травматологии и ортопедии

Адрес: 410002, Саратов, Чернышевского ул., 148.

Телефон: (8452) 23-04-13

E-mail: sarniito@yandex.ru

Пучиньян Даниил Миронович, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе Саратовского НИИ травматологии и ортопедии

Адрес: 410002, Саратов, Чернышевского ул., 148.

Телефон: (8452) 23-39-04

E-mail: sarniito@yandex.ru

Павленко Николай Николаевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела новых технологий в ортопедии ФГУ Саратовский НИИ травматологии и ортопедии

Адрес: 410002 Саратов, Чернышевского ул., 148.

Телефон: (8452) 23-39-04

E-mail: sarniito@yandex.ru

Терехов Игорь Владимирович, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры организации медицинского обеспечения Саратовского Военно–медицинского института

Адрес: 410040, Саратов, Вишнёвая ул., д. 20, кв.37.

E-mail: terex26@mail.ru

Телефон: (8452) 55-30-60

Незнамов Михаил Николаевич – ассистент кафедры хирургии
усовершенствования врачей Саратовского Военно–медицинского института

Адрес: 410017, Саратов, Ильинская площадь, д. 17.

E-mail: trft@mail.ru

Телефон: 8(8452) 20-18-34

Зайцев Владимир Алексеевич – врач ординатор ФГУ Саратовский НИИ
травматологии и ортопедии

Адрес: 410002, Саратов, Чернышевского ул., 148.

E-mail: sarniito@yandex.ru

Петросян Вольдемар Иванович - кандидат физико–математических наук, научный
руководитель проекта ООО «Телемак»

Адрес: 410040, Саратов, Проспект 50 лет Октября, 110а, корп. 1, оф. 311

E-mail: telemak@renet.ru

Дягилев Борис Леонидович – инженер, ООО «Телемак»

Адрес: 410040, Саратов, Проспект 50 лет Октября, 110а, корп. 1, оф. 311

E-mail: djagilevbl@yandex.ru

Дубовицкий Сергей Александрович - кандидат физико–математических наук,
генеральный директор ООО «Телемак»

Адрес: 410040, Саратов, Проспект 50 лет Октября, 110а, корп. 1, оф. 311

E-mail: telemak@renet.ru