

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99>

# Микроультразвуковое исследование – новые технологии, новые возможности

В.В. Митьков, М.Д. Митькова, В.Г. Салтыкова

ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

В кратком иллюстрированном обзоре обсуждаются новые ультразвуковые технологии, которые начали активно использоваться в научно-практической деятельности специалистами ультразвуковой диагностики. Уточняется ультразвуковая терминология. Рассматривается место новых технологий в диагностическом классификаторе. Приводится наглядное сопоставление возможностей ультразвукового метода при использовании значительно различающихся частотных диапазонов датчиков. Рассматривается связь частоты, осевой разрешающей способности и глубины проникновения ультразвука.

**Ключевые слова:** ультразвуковое исследование, микроультразвуковое исследование, сверхвысокоразрешающее ультразвуковое исследование, сверхвысокочастотное ультразвуковое исследование, ультразвуковая биомикроскопия.

**Цитирование:** Митьков В.В., Митькова М.Д., Салтыкова В.Г. Микроультразвуковое исследование – новые технологии, новые возможности. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2021; 1: 89–99. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99>

В последнее время в клиническую практику активно входят относительно новые понятия диагностического ультразвука, такие как микродоплеровское исследование (микродоплер) (micro-doppler, microdoppler) и микроультразвуковое исследование (микроультразвук) (micro-ultrasound, microultrasound) [1]. Сегодня мы уже сталкиваемся с их введением в официальные документы при обновлении клини-

ческих рекомендаций профессиональных сообществ. Так, в Рекомендациях Европейской ассоциации урологов (European Association of Urology (EAU)) 2021 г. по раку предстательной железы отмечено [2], что микродоплеровское и микроультразвуковое исследование, как и ультразвуковая эластография и ультразвуковое исследование с контрастным усилением, представляют многообещающие результа-

В.В. Митьков – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1959-9618>

М.Д. Митькова – к.м.н., доцент, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>

В.Г. Салтыкова – д.м.н., профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3879-6457>

**Контактная информация:** 125993 г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, АОЦФТМ, кафедра ультразвуковой диагностики. Митьков Владимир Вячеславович. E-mail: [vvmitkov@rasudm.org](mailto:vvmitkov@rasudm.org)

ты. Однако широкое внедрение этих методов в рутинную практику тормозится из-за отсутствия стандартизации и полномасштабных исследований по воспроизводимости, а также недостаточности данных по информативности технологий в оценке транзиторных зон [2].

Обратимся к вопросам терминологии. Что такое микроультразвуковое исследование? Это понятие несколько непривычно для российских врачей. Чаще для описания данной технологии мы используем другие термины, такие как высокоразрешающее ультразвуковое исследование и высокочастотное ультразвуковое исследование, также принятые в англоязычной языковой среде. В ряде случаев слова “высокоразрешающий” и “высокочастотный” добавляют к термину “микроультразвуковое исследование”, что является не ошибкой, а скорее тавтологическим словосочетанием. Если нет высокой частоты и высокого разрешения, то нет и микроультразвукового исследования.

Давайте определимся с термином “микроультразвук”.

По данным распространенного толкового словаря [3], микро... [от греч. *mikrós* – малый] – первая часть сложных слов. 1. Вносит значение: очень малый, мелкий. Микроавтобус, микроавтомобиль, микроиздание, микроновелла, микроорганизм, микросистема, микрофотокопия. *Нам это значение не подходит.* 2. Вносит значение: связанный с изучением или измерением очень малых предметов, величин. Микроанализ, микронд, микропалеонтология. *Нам подходит именно это значение.* 3. Вносит значение: слабо проявляющийся. Микровзрыв, микроземлетрясение, микропроявление, микроявление. *Нам это значение не подходит.* 4. Вносит значение: миллионная часть основной единицы измерения, указанной во второй части слова. Микроампер, микробар, микроватт, микровольт, микроулон, микрометр, микросекунда, микрофарада [3]. *Нам это значение не подходит, хотя оно наиболее распространено в научной среде. Микро означает  $10^{-6}$ .*

Для описания осевой разрешающей способности используется единица измерения “микромметр или микрон”. По данным S. Yang et al. (2021) [4], осевая разрешающая способность сканирования на частоте

12 МГц – 0,195 мм или 195 мкм. Повышение частоты до 30 МГц позволяет оперировать цифрами на порядок меньше: осевая разрешающая способность – 0,075 мм или 75 мкм [4]. Значительное улучшение осевой разрешающей способности со 195 мкм до 75 мкм позволяет применять термин “микроультразвук” для характеристики качественного изменения детальной структуризации ультразвукового изображения. В таблице представлены расчетные значения осевой разрешающей способности и глубины проникновения в зависимости от частоты датчика при использовании стандартных формул с допущениями, что ультразвуковой импульс содержит 3 полных цикла колебаний, а глубина проникновения равна 200 [5] или 300 длинам волны [6].

Таким образом, первая часть сложного слова “микро” может официально использоваться в контексте работы с высокоразрешающим (высокочастотным) ультразвуком, который позволяет визуализировать мельчайшие детали изучаемого объекта. Напоминаем, что в таком контексте первая часть сложного слова “нано” для указания еще более мелких объектов, чем микрообъекты, использоваться НЕ может. Нано... [греч. *nános* – карлик] – первая часть сложных слов, которая вносит единственное значение: равный одной миллиардной доле единицы, указанной во второй части слова (используется для наименования единиц физических величин) [3]. То есть нано означает  $10^{-9}$  и больше ничего.

Правильное написание термина “микроультразвук” слитное. Микро..., как первая часть сложного слова, пишется слитно [7].

Итак, мы используем термин “микроультразвук” скорее в качественном, а не количественном значении. Поэтому определиться с тем, что же такое микроультразвук не совсем просто. Группа английских ученых (2021) [4] дала определение термину “микроультразвук” как технологии, использующей частоты более 30 МГц. Более короткий ультразвуковой импульс, который может быть получен на указанных частотах, приводит к улучшению осевой разрешающей способности до 75 мкм [4].

Однако в современной англоязычной литературе есть много других статей, которые используют этот термин для частоты менее 30 МГц. Например, датчик частотой 29 МГц

Расчетные значения осевой разрешающей способности и глубины проникновения в зависимости от частоты датчика

Условный диапазон ультразвука	Частота, МГц	Длина волны, мм	Пространственная протяженность импульса, содержащего 3 полных цикла, мм	Осевая разрешающая способность, мм	Глубина проникновения ( $\approx 200/300$ длин волны), мм
Среднечастотный	2,25	0,684	2,052	1,026	136,8/205,2
	3,5	0,440	1,320	0,660	88,0/132,0
	4	0,385	1,155	0,578	77,0/115,5
	5	0,308	0,924	0,462	61,6/92,4
	6	0,257	0,771	0,385	51,4/77,1
Высокочастотный	7,5	0,205	0,615	0,308	41,0/61,5
	10	0,154	0,462	0,231	30,8/46,2
	12	0,128	0,384	0,192	25,6/38,4
	15	0,103	0,309	0,155	20,6/30,9
	18	0,086	0,258	0,129	17,2/25,8
Сверх-высокочастотный	21	0,073	0,219	0,110	14,6/21,9
	24	0,064	0,192	0,096	12,8/19,2
	27	0,057	0,171	0,086	11,4/17,1
	29	0,053	0,159	0,080	10,6/15,9
	30	0,051	0,153	0,077	10,2/15,3
	35	0,044	0,132	0,066	8,8/13,2
	40	0,039	0,117	0,059	7,8/11,7
	45	0,034	0,102	0,051	6,8/10,2
	50	0,031	0,093	0,047	6,2/9,3
	60	0,026	0,078	0,039	5,2/7,8
	70	0,022	0,066	0,033	4,4/6,6

Axial resolution and penetration estimated values depending on ultrasound frequency

Ultrasound	Frequency, MHz	Wavelength, mm	Spatial pulse length containing 3 complete cycles, mm	Axial resolution, mm	Penetration ( $\approx 200/300$ wavelengths), mm
Intermediate frequency	2.25	0.684	2.052	1.026	136.8/205.2
	3.5	0.440	1.320	0.660	88.0/132.0
	4	0.385	1.155	0.578	77.0/115.5
	5	0.308	0.924	0.462	61.6/92.4
	6	0.257	0.771	0.385	51.4/77.1
High frequency	7.5	0.205	0.615	0.308	41.0/61.5
	10	0.154	0.462	0.231	30.8/46.2
	12	0.128	0.384	0.192	25.6/38.4
	15	0.103	0.309	0.155	20.6/30.9
	18	0.086	0.258	0.129	17.2/25.8
Ultra-high frequency	21	0.073	0.219	0.110	14.6/21.9
	24	0.064	0.192	0.096	12.8/19.2
	27	0.057	0.171	0.086	11.4/17.1
	29	0.053	0.159	0.080	10.6/15.9
	30	0.051	0.153	0.077	10.2/15.3
	35	0.044	0.132	0.066	8.8/13.2
	40	0.039	0.117	0.059	7.8/11.7
	45	0.034	0.102	0.051	6.8/10.2
	50	0.031	0.093	0.047	6.2/9.3
	60	0.026	0.078	0.039	5.2/7.8
	70	0.022	0.066	0.033	4.4/6.6

Note: axial resolution and penetration estimated values presented depending on ultrasound frequency using standard formulas with assumptions that (1) ultrasound pulse consist of 3 cycles and (2) penetration is approximately 200[5]/300[6] times the wavelength.

для трансректального ультразвукового исследования предстательной железы (обратите внимание, что именно производителем дается единственная частота данного датчика) с указанием улучшения разрешающей способности до 70 мкм [8, 9]. В краткой обзорной статье С.М. Laurence Klotz (2020) [10] микроультразвук с частотой 29 МГц противопоставляется рутинному диапазону частот (9–12 МГц) трансректальных датчиков. Отметим, что прибор с внутриволновым датчиком частотой 29 МГц на момент написания статьи не зарегистрирован на территории Российской Федерации.

Предстательная железа – далеко не единственная зона интереса микроультразвукового исследования. Еще одна напрашивающаяся область применения – микроультразвуковое исследование периферических нервов. Новая область, новые специалисты, новое определение микроультразвука... В работе М. Ridolfi et al. (2020) [11] указывается диапазон частот, использующийся при обычном ультразвуковом исследовании нервов – 7–20 МГц. Также дается определение для диапазона частот 48–70 МГц – сверхвысокоразрешающее ультразвуковое исследование (very high-resolution ultrasound) [11]. Но это не единственный термин для такого высокого диапазона частот. В работе R. Izzetti et al. (2020) [12] ультразвуковое исследование полости рта (плоский лишай полости рта) с использованием датчика частотой 70 МГц называется сверхвысокочастотным ультразвуковым исследованием (ultra-high frequency ultrasound). Термины “сверхвысокочастотное ультразвуковое исследование” и “сверхвысокоразрешающее ультразвуковое исследование” являются синонимами термина “микроультразвуковое исследование” и более привычны для использования в русскоязычной среде.

На настоящий момент термин “высоко-частотный” не имеет однозначного определения. Так, в работе А.К. Bhatta et al. (2018) [13], посвященной другой области применения микроультразвука – дерматологии, высокочастотными называются датчики частотой выше 10 МГц. В работе E. Sattler (2015) [14], также посвященной дерматологии, высокочастотными называются датчики частотой 20–100 МГц, а для частот 7,5–15 МГц используется термин

“средние высокочастотные” (intermediate high frequencies). В прошлом высокими называли и более низкие частоты. Отношение к классификации частот со временем меняется, устоявшегося классификатора нет (см. таблицу).

Можно ли использование частоты выше 48 МГц назвать микроультразвуком? Учитывая, что в русскоязычной среде не будет ни наноультразвука, ни пикоультразвука как художественных терминов, драматизирующих повышение частоты, думаем, что можно. Напоминаем, что осевая разрешающая способность при использовании датчиков такой высокой частоты остается в пределах десятков мкм.

Обратите внимание, что мы обсуждаем датчики с частотами 48–70 МГц, которые имеют привычную конфигурацию и позволяют работать не только в В-режиме, но и в доплерографических режимах [11, 12]. Отметим, что прибор с линейными датчиками частотами 48 и 70 МГц не зарегистрирован на территории Российской Федерации.

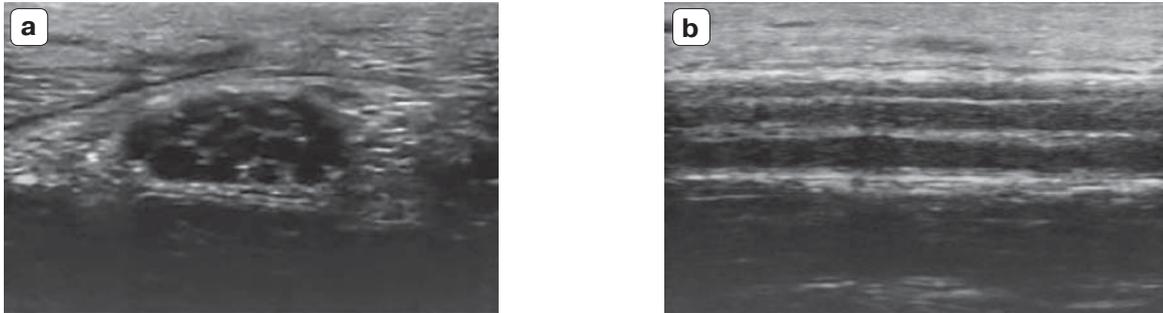
Какое пороговое значение мы должны использовать для термина “микроультразвуковое исследование” (сверхвысокочастотное исследование, сверхвысокоразрешающее исследование)? Нам представляется, что с учетом литературных данных и ситуации с коммерческой доступностью ультразвуковых датчиков наиболее рационально говорить о микроультразвуке, начиная с частоты 20 МГц [14, 15]. Однако все может измениться. Еще недавно частоту более 50 МГц мы ассоциировали с ультразвуковой биомикроскопией, которая проводится на специальных приборах [16, 17]. Сегодня датчики с частотами 48 и 70 МГц стали доступны в практической реальности, не меняющей наши представления о внешнем виде ультразвуковых аппаратов и датчиков.

Конечно, мы должны понимать, что чем выше разрешающая способность и частота датчика, тем меньшие глубины доступны для ультразвукового исследования (см. таблицу). М. Ridolfi et al. (2020) [11] сообщают о следующих характеристиках изображения, полученного при использовании датчика частотой 70 МГц: осевая разрешающая способность – 30 мкм, максимальная ширина изображения – 9,7 мм, максимальная глубина изображения – 10,0 мм (глуби-

на фокуса – 5,0 мм). То есть область применения такой высокой частоты остается очень узкой. Не удивляйтесь такой большой глубине проникновения для датчика столь высокой частоты: в работе R. Izzetti et al. (2020) [12] отмечено, что диапазон

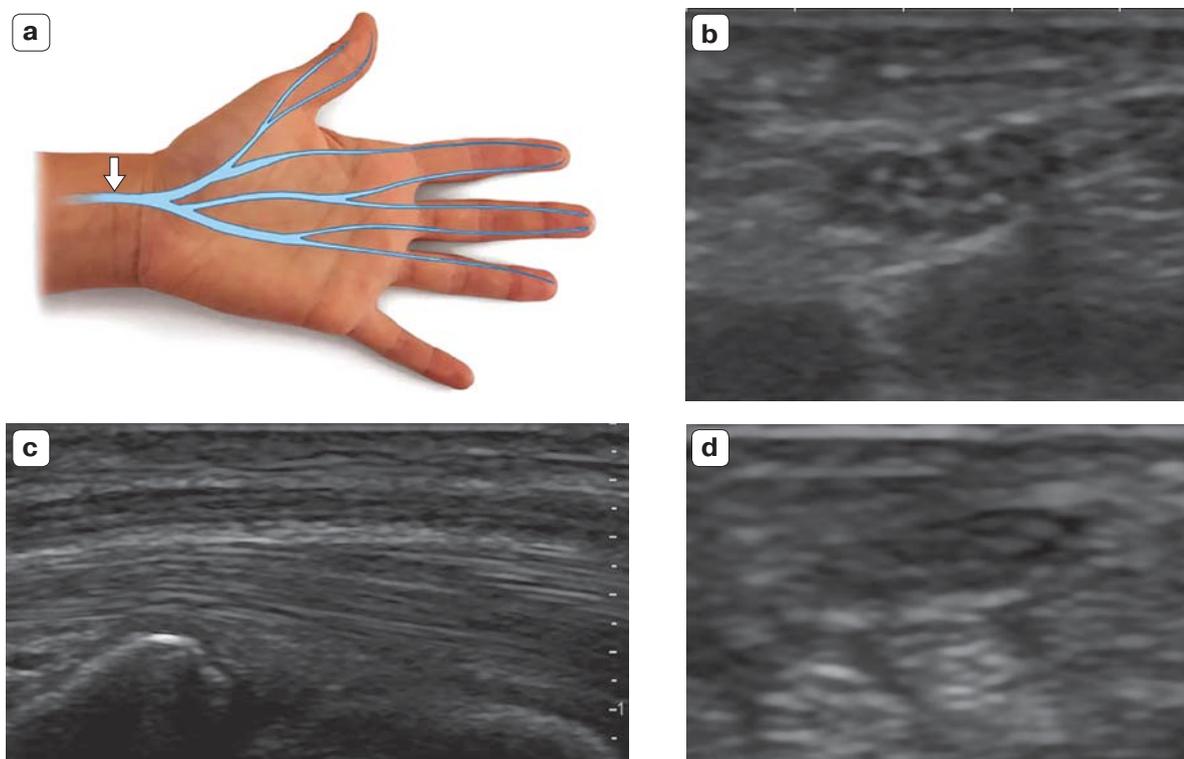
частот этого датчика 29–71 МГц с центральной частотой 50 МГц.

Примеры использования датчиков, работающих в различных частотных диапазонах, для исследования нервов в области запястья и ладони приведены на рис. 1–6.



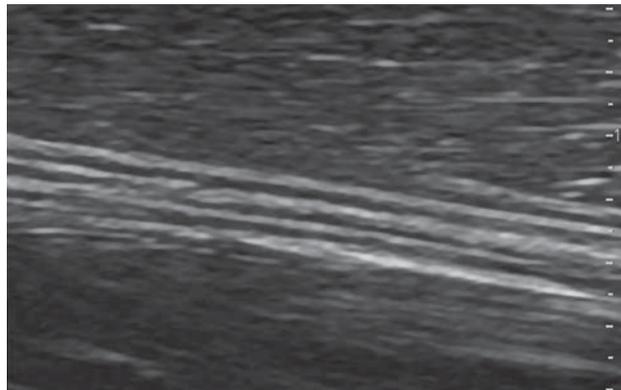
**Рис. 1.** Ультразвуковое исследование срединного нерва на уровне запястья при использовании линейного датчика с максимальной частотой 70 МГц. а – поперечное сканирование [11]. б – продольное сканирование [20].

**Fig. 1.** Ultrasound imaging of median nerve at the wrist with the use of 70 MHz linear array transducer. a – short axis view [11]. b – long axis view [20].



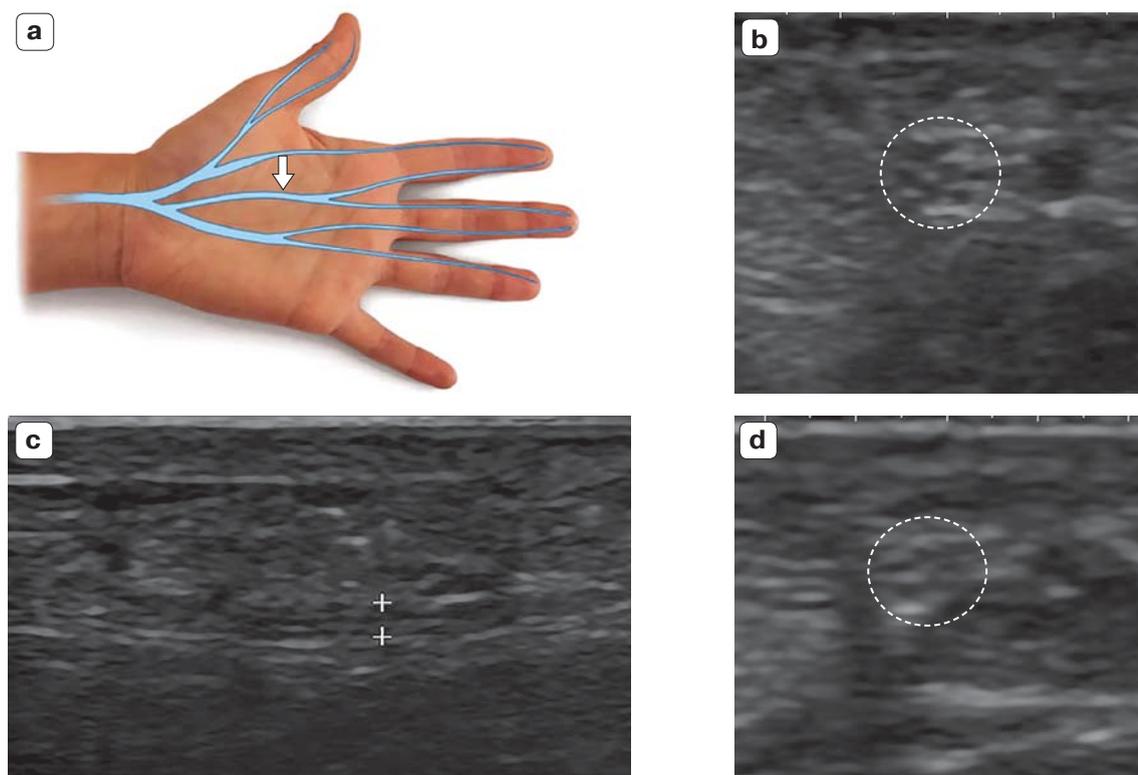
**Рис. 2.** Ультразвуковое исследование срединного нерва на уровне запястья при использовании линейных датчиков различных частотных диапазонов. а – схема [11]. б – датчик с максимальной частотой 22 МГц, поперечное сканирование. с – датчик с максимальной частотой 22 МГц, продольное сканирование. д – датчик с максимальной частотой 7 МГц, поперечное сканирование.

**Fig. 2.** Ultrasound imaging of median nerve at the wrist with use of linear array transducers of different frequencies. a – scheme [11]. b – 22 MHz, short axis view. c – 22 MHz, long axis view. d – 7 MHz, short axis view.



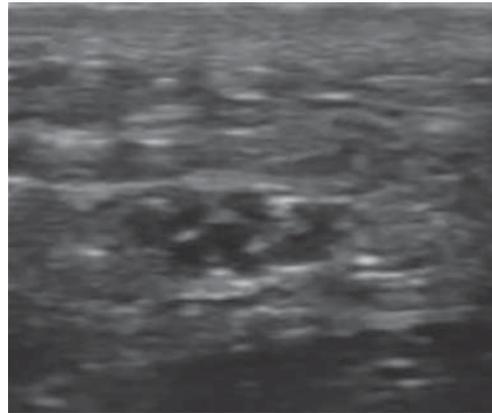
**Рис. 3.** Ультразвуковое исследование срединного нерва в средней трети предплечья при использовании датчика с максимальной частотой 22 МГц (продольное сканирование). Обратите внимание на глубину сканирования: структура нерва хорошо визуализируется на глубине более 20 мм. Визуализация на глубине 20 мм недоступна датчику с максимальной частотой 70 МГц.

**Fig. 3.** Ultrasound imaging of middle and proximal forearm thirds with the use of 22 MHz linear array transducer (long axis view).



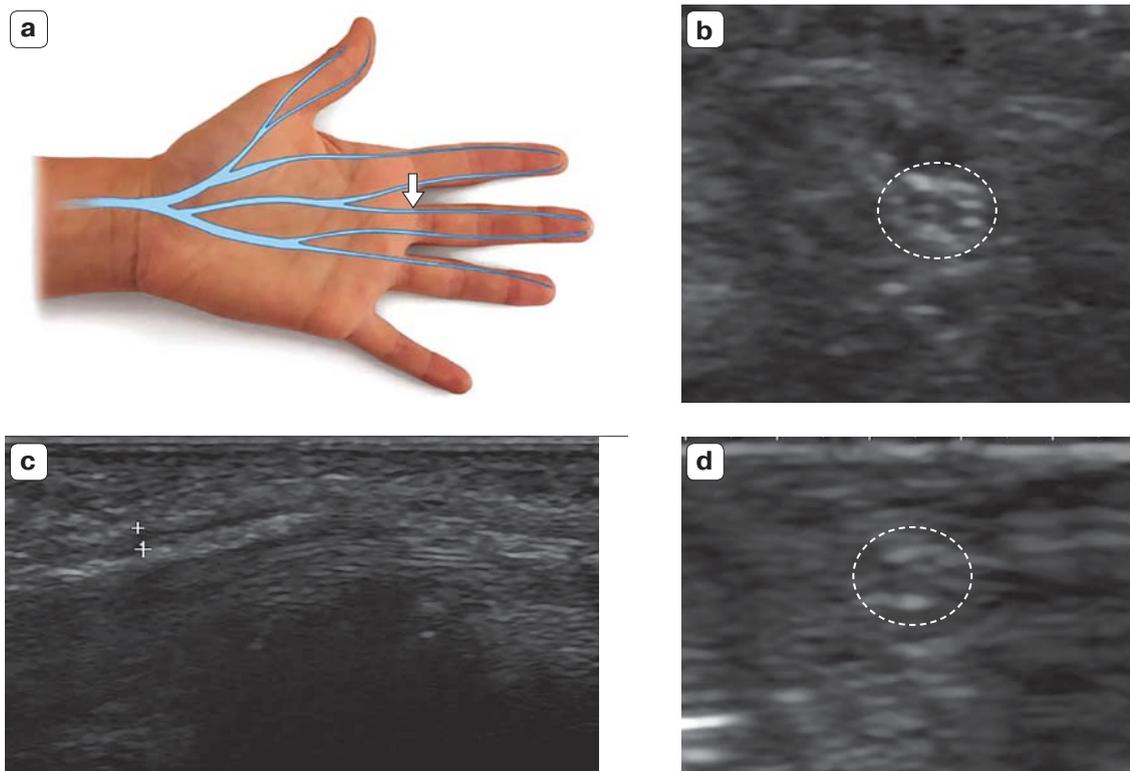
**Рис. 4.** Ультразвуковое исследование общего ладонного пальцевого нерва (ветвь срединного нерва) при использовании линейных датчиков различных частотных диапазонов. а – схема [11]. б – датчик с максимальной частотой 22 МГц, поперечное сканирование (пунктир). с – датчик с максимальной частотой 22 МГц, продольное сканирование (маркеры). д – датчик с максимальной частотой 7 МГц, поперечное сканирование (пунктир).

**Fig. 4.** Ultrasound imaging of common palmar digital nerve (median nerve branch) with use of linear transducers of different frequencies. а – scheme [11]. б – 22 MHz, short axis view. с – 22 MHz, long axis view. д – 7 MHz, short axis view.



**Рис. 5.** Ультразвуковое исследование собственного ладонного пальцевого нерва (медиальная ветвь) при использовании линейного датчика с максимальной частотой 70 МГц (поперечное сканирование) [11].

**Fig. 5.** Ultrasound imaging of proper palmar digital nerve (median branch) with the use of 70 MHz linear array transducer (short axis view) [11].



**Рис. 6.** Ультразвуковое исследование собственного ладонного пальцевого нерва (медиальная ветвь) при использовании линейных датчиков различных частотных диапазонов. а – схема [11]. б – датчик с максимальной частотой 22 МГц, поперечное сканирование (пунктир). с – датчик с максимальной частотой 22 МГц, продольное сканирование (маркеры). д – датчик с максимальной частотой 7 МГц, поперечное сканирование (пунктир).

**Fig. 6.** Ultrasound imaging of proper palmar digital nerve (median branch) with use of linear transducers of different frequencies. а – scheme [11]. б – 22 MHz, short axis view. с – 22 MHz, long axis view. д – 7 MHz, short axis view.

Вернемся к рутинной практике и коммерчески доступным приборам и датчикам на территории нашей страны. Использование частоты выше 20 МГц возможно на многих зарегистрированных в Российской Федерации аппаратах. Это касается линейных датчиков. Собственные примеры значительного улучшения ультразвуковой детализации при изменении диапазона частот с 7 до 22 МГц предоставлены на рис. 2, 4 и 6.

Еще хочется остановиться на месте микроультразвукового исследования в используемых на территории Российской Федерации официальных классификаторах. Остановимся на объектах поверхностной локализации, таких как нервы ладонной поверхности кисти. В Номенклатуре медицинских услуг [18] есть такая услуга, как ультразвуковое исследование периферических нервов (одна анатомическая область) (код медицинской услуги – А04.24.001). Ультразвуковое исследование нервов ладонной поверхности кисти (ветвей срединного и локтевого нервов) попадает в эту категорию (код). Таким образом, микроультразвуковое (сверхвысокоразрешающее, сверхвысокочастотное) исследование нервов ладонной поверхности кисти (ветвей срединного и локтевого нервов) также попадает в эту категорию.

Что касается Федерального справочника инструментальных диагностических исследований [19], то пока там этого диагностического исследования нет. Но появление датчиков частотой более 20 МГц однозначно требует внесения дополнений. Рекомендуем внесение следующего ультразвукового исследования: ультразвуковое исследование нервов ладонной поверхности кисти (ветвей срединного и локтевого нервов). Оно будет включать микроультразвуковое (сверхвысокоразрешающее, сверхвысокочастотное) исследование нервов ладонной поверхности кисти (ветвей срединного и локтевого нервов).

Следующий очень важный момент – это поиск реальных областей применения микроультразвука в рутинной практике. Сегодня накоплен определенный материал, чтобы говорить об использовании микроультразвука в качестве технологии, даю-

щей дополнительную значимую диагностическую информацию, при исследовании кожи [13, 14], слизистой (полость рта) [12], нервов [11], суставов, мышц, мягких тканей [20], предстательной железы [8–10], мочевого пузыря [21] и других органов и тканей [22]. Но исследования в этом направлении находятся только на начальном этапе. Мировому ультразвуковому сообществу еще нужно определиться с местом микроультразвукового исследования в рутинной практике. Может быть, сегодняшние огромные надежды не оправдаются, а может быть, распространение датчиков более высокой частоты позволит драматически изменить рутинные диагностические алгоритмы в узких областях.

Таким образом, микроультразвуковое исследование – это ультразвуковое исследование в В-режиме, проводимое с использованием датчиков частотой более 20 МГц. Такая частота на сегодняшний день есть на приборах многих производителей, зарегистрированных на территории Российской Федерации. Синонимами микроультразвукового исследования и более привычными для использования терминами являются сверхвысокочастотное ультразвуковое исследование и сверхвысокоразрешающее ультразвуковое исследование. Несмотря на обнадеживающие результаты качественных научных исследований, опубликованных в высокорейтинговых журналах, место микроультразвукового исследования в рутинной практике еще предстоит установить. На сегодняшний день нет необходимости внесения в медицинские классификаторы отдельного микроультразвукового исследования, поскольку оно по умолчанию укладывается в рамки ультразвукового исследования в В-режиме, то есть в уже существующие в классификаторах категории. Однако при появлении локализаций, которые невозможно оценивать с помощью стандартного частотного диапазона, целесообразно рассматривать дополнение медицинских классификаторов соответствующими ультразвуковыми исследованиями при условии наличия адекватной доказательной базы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадрев А.В., Митькова М.Д., Камалов Д.М., Данилова Н.В., Сорокин Н.И., Камалов А.А., Митьков В.В. Диагностика и оценка морфологической значимости рака предстательной железы при использовании относительных параметров количественного анализа ультразвукового исследования с контрастным усилением: предварительные результаты. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2020; 4: 13–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2020-4-13-33>
2. EAU – EANM – ESTRO – ESUR – ISUP – SIOG Guidelines on Prostate Cancer. 2021. <https://uroweb.org/guideline/prostate-cancer/> (дата обращения 03.03.2021)
3. Кузнецов С.А. (ред.) *Большой толковый словарь русского языка / ГРАМОТА.РУ – справочно-информационный интернет-портал “Русский язык”*. <http://gramota.ru/slovari/dic/?word=микро&all=x> (дата обращения 03.03.2021)
4. Yang S., Lemke C., Cox B.F., Newton I.P., Nathke I., Cochran S. A learning-based microultrasound system for the detection of inflammation of the gastrointestinal tract. *IEEE Trans. Med. Imaging*. 2021; 40 (1): 38–47. <https://doi.org/10.1109/tmi.2020.3021560>
5. Steinberg J.S., Maleki K., Koneru J., Chaudhry F. Intracardiac ultrasound. <https://thoracickey.com/intracardiac-ultrasound/> (дата обращения 03.03.2021)
6. Foster F.S., Mehi J., Lukacs M., Hirson D., White C., Chaggares C., Needles A. A new 15–50 MHz array-based micro-ultrasound scanner for pre-clinical imaging. *Ultrasound Med. Biol.* 2009; 35 (10): 1700–1708. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2009.04.012>
7. Электронный “Орфографический академический ресурс АКАДЕМОС” Института русского языка им. В.В. Виноградова РАН. <http://orfo.ruslang.ru/search/word> (дата обращения 03.03.2021)
8. Cornud F., Lefevre A., Flam T., Dumonceau O., Galiano M., Soyer P., Camparo P., Barral M. MRI-directed high-frequency (29 MHz) TRUS-guided biopsies: initial results of a single-center study. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (9): 4838–4846. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06882-x>
9. Lughezzani G., Maffei D., Saita A., Paciotti M., Diana P., Buffi N.M., Colombo P., Elefante G.M., Hurle R., Lazzeri M., Guazzoni G., Casale P. Diagnostic accuracy of microultrasound in patients with a suspicion of prostate cancer at magnetic resonance imaging: a single-institutional prospective study. *Eur. Urol. Focus*. 2020; S2405-4569(20)30272-8. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.09.013>
10. Laurence Klotz C.M. Can high resolution microultrasound replace MRI in the diagnosis of prostate cancer? *Eur. Urol. Focus*. 2020; 6 (2): 419–423. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2019.11.006>
11. Ridolfi M., Caruso P., Buoi Stella A., Mangano P. Very high-resolution ultrasound of the distal median nerve. *Clin. Neurophysiol.* 2020; 131 (6): 1267–1271. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.03.013>
12. Izzetti R., Vitali S., Oranges T., Dini V., Romaneli M., Caramella D., Gabriele M. Intraoral ultrahigh frequency ultrasound study of oral lichen planus: a pictorial review. *Skin Res. Technol.* 2020; 26 (2): 200–204. <https://doi.org/10.1111/srt.12777>
13. Bhatta A.K., Keyal U., Liu Y. Application of high frequency ultrasound in dermatology. *Discov. Med.* 2018; 26 (145): 237–242.
14. Sattler E. High frequency ultrasound. *Hautarzt*. 2015; 66 (7): 493–498. <https://doi.org/10.1007/s00105-015-3581-5> (in German)
15. Qiu Y., Huang Y., Zhang Z., Cox B.F., Liu R., Hong J., Mu P., Lay H.S., Cummins G., Desmulliez M.P.Y., Clutton E., Zheng H., Qiu W., Cochran S. Ultrasound capsule endoscopy with a mechanically scanning micro-ultrasound: a porcine study. *Ultrasound Med. Biol.* 2020; 46 (3): 796–804. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.12.003>
16. Riva I., Micheletti E., Oddone F., Bruttini C., Montescani S., De Angelis G., Rovati L., Weinreb R.N., Quaranta L. Anterior chamber angle assessment techniques: a review. *J. Clin. Med.* 2020; 9 (12): 3814. <https://doi.org/10.3390/jcm9123814>
17. Li M.X., Wang Q., Li X.L., Zhao C.K., Zhu R.Z., Chen J., Li L., Guo L.H., Xu H.X. Imaging findings of Bowen’s disease: a comparison between ultrasound biomicroscopy and conventional high-frequency ultrasound. *Skin Res. Technol.* 2020; 26 (5): 654–663. <https://doi.org/10.1111/srt.12849>
18. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 октября 2017 г. N 804н “Об утверждении номенклатуры медицинских услуг” (с изменениями и дополнениями от 16 апреля 2019 г., 5 марта, 24 сентября 2020 г.). <http://base.garant.ru/71805302/> (дата обращения 03.03.2021)
19. Федеральный справочник инструментальных диагностических исследований. <https://nsi.rosminzdrav.ru/#/refbook/1.2.643.5.1.13.13.11.1471> (дата обращения 03.03.2021)
20. Albano D., Aringhieri G., Messina C., De Flaviis L., Sconfienza L.M. High-frequency and ultra-high frequency ultrasound: musculoskeletal imaging up to 70 MHz. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2020; 24 (2): 125–134. <https://doi.org/10.1055/s-0039-3401042>
21. Saita A., Lughezzani G., Buffi N.M., Hurle R., Nava L., Colombo P., Diana P., Fasulo V., Paciotti M., Elefante G.M., Lazzeri M., Guazzoni G., Casale P. Assessing the feasibility and accuracy of high-resolution microultrasound imaging for bladder cancer detection and staging. *Eur. Urol.* 2020; 77 (6): 727–732. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.03.044>
22. Rana S.S., Sharma R., Kishore K., Gupta R. High-frequency miniprobe endoscopic ultrasonography in the management of benign esophageal strictures. *Ann. Gastroenterol.* 2020; 33 (1): 25–29. <https://doi.org/10.20524/aog.2019.0436>

## REFERENCES

1. Kadrev A.V., Mitkova M.D., Kamalov D.M., Danilova N.V., Sorokin N.I., Kamalov A.A., Mitkov V.V. Quantitative contrast enhanced transrectal ultrasound (relative parameters) in prostate cancer diagnosis and prediction of aggressiveness: preliminary results. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2020; 4: 13–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2020-4-13-33> (in Russian)
2. EAU – EANM – ESTRO – ESUR – ISUP – SIOG Guidelines on Prostate Cancer, <https://uroweb.org/guideline/prostate-cancer/> (2021, accessed 03.03.2021)
3. Kuznetsov C.A. (ed.) *Dictionary of the Russian Language*, <http://gramota.ru/slovari/dic/?word=микро&all=x> (2014, accessed 03.03.2021)
4. Yang S., Lemke C., Cox B.F., Newton I.P., Nathke I., Cochran S. A learning-based microultrasound system for the detection of inflammation of the gastrointestinal tract. *IEEE Trans. Med. Imaging*. 2021; 40 (1): 38–47. <https://doi.org/10.1109/tmi.2020.3021560>
5. Steinberg J.S., Maleki K., Koneru J., Chaudhry F. Intracardiac ultrasound, <https://thoracickey.com/intracardiac-ultrasound/> (accessed 03.03.2021)
6. Foster F.S., Mehi J., Lukacs M., Hirson D., White C., Chaggares C., Needles A. A new 15–50 MHz array-based micro-ultrasound scanner for pre-clinical imaging. *Ultrasound Med. Biol.* 2009; 35 (10): 1700–1708. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2009.04.012>
7. V.V. Vinogradov Russian Language Institute of the Russian Academy of Sciences. Electronic orthography academic resource ACADEMOS, <http://orfo.ruslang.ru/search/word> (accessed 03.03.2021)
8. Cornud F., Lefevre A., Flam T., Dumonceau O., Galiano M., Soyer P., Camparo P., Barral M. MRI-directed high-frequency (29 MHz) TRUS-guided biopsies: initial results of a single-center study. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (9): 4838–4846. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06882-x>
9. Lughezzani G., Maffei D., Saita A., Paciotti M., Diana P., Buffi N.M., Colombo P., Elefante G.M., Hurle R., Lazzeri M., Guazzoni G., Casale P. Diagnostic accuracy of microultrasound in patients with a suspicion of prostate cancer at magnetic resonance imaging: a single-institutional prospective study. *Eur. Urol. Focus*. 2020; S2405-4569(20)30272-8. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.09.013>
10. Laurence Klotz C.M. Can high resolution micro-ultrasound replace MRI in the diagnosis of prostate cancer? *Eur. Urol. Focus*. 2020; 6 (2): 419–423. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2019.11.006>
11. Ridolfi M., Caruso P., Buoite Stella A., Mangano P. Very high-resolution ultrasound of the distal median nerve. *Clin. Neurophysiol.* 2020; 131 (6): 1267–1271. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.03.013>
12. Izzetti R., Vitali S., Oranges T., Dini V., Romanelli M., Caramella D., Gabriele M. Intraoral ultrahigh frequency ultrasound study of oral lichen planus: a pictorial review. *Skin Res. Technol.* 2020; 26 (2): 200–204. <https://doi.org/10.1111/srt.12777>
13. Bhatta A.K., Keyal U., Liu Y. Application of high frequency ultrasound in dermatology. *Discov. Med.* 2018; 26 (145): 237–242.
14. Sattler E. High frequency ultrasound. *Hautarzt*. 2015; 66 (7): 493–498. <https://doi.org/10.1007/s00105-015-3581-5> (in German)
15. Qiu Y., Huang Y., Zhang Z., Cox B.F., Liu R., Hong J., Mu P., Lay H.S., Cummins G., Desmulliez M.P.Y., Clutton E., Zheng H., Qiu W., Cochran S. Ultrasound capsule endoscopy with a mechanically scanning micro-ultrasound: a porcine study. *Ultrasound Med. Biol.* 2020; 46 (3): 796–804. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.12.003>
16. Riva I., Micheletti E., Oddone F., Bruttini C., Montescani S., De Angelis G., Rovati L., Weinreb R.N., Quaranta L. Anterior chamber angle assessment techniques: a review. *J. Clin. Med.* 2020; 9 (12): 3814. <https://doi.org/10.3390/jcm9123814>
17. Li M.X., Wang Q., Li X.L., Zhao C.K., Zhu R.Z., Chen J., Li L., Guo L.H., Xu H.X. Imaging findings of Bowen's disease: a comparison between ultrasound biomicroscopy and conventional high-frequency ultrasound. *Skin Res. Technol.* 2020; 26 (5): 654–663. <https://doi.org/10.1111/srt.12849>
18. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 13.10.2017 No. 804n *About the approval of the nomenclature of medical services* (with changes dated 16.04.2019, 05.03.2020, 24.09.2020), <https://base.garant.ru/71805302/> (accessed 03.03.2021) (in Russian)
19. Federal reference guide for instrumental diagnostics, <https://nsi.rosminzdrav.ru/#!/refbook/1.2.643.5.1.13.13.11.1471> (accessed 03.03.2021) (in Russian)
20. Albano D., Aringhieri G., Messina C., De Flaviis L., Sconfianza L.M. High-frequency and ultra-high frequency ultrasound: musculoskeletal imaging up to 70 MHz. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2020; 24 (2): 125–134. <https://doi.org/10.1055/s-0039-3401042>
21. Saita A., Lughezzani G., Buffi N.M., Hurle R., Nava L., Colombo P., Diana P., Fasulo V., Paciotti M., Elefante G.M., Lazzeri M., Guazzoni G., Casale P. Assessing the feasibility and accuracy of high-resolution microultrasound imaging for bladder cancer detection and staging. *Eur. Urol.* 2020; 77 (6): 727–732. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.03.044>
22. Rana S.S., Sharma R., Kishore K., Gupta R. High-frequency miniprobe endoscopic ultrasonography in the management of benign esophageal strictures. *Ann. Gastroenterol.* 2020; 33 (1): 25–29. <https://doi.org/10.20524/aog.2019.0436>

## ***Microultrasound – new technologies, new capabilities***

*V.V. Mitkov, M.D. Mitkova, V.G. Saltykova*

*Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow*

*V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1959-9618>*

*M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>*

*V.G. Saltykova – M.D., Ph.D., Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3879-6457>*

**Correspondence** to Prof. Vladimir V. Mitkov. E-mail: [vvmitkov@rasudm.org](mailto:vvmitkov@rasudm.org)

*In the brief pictorial review the novel ultrasound technologies, which begun to be used in everyday practice and research, are discussed. The place of microultrasound in the diagnostic classifier is considered. The ultrasound terminology is refined. The relationship between frequency, axial resolution, and penetration is discussed. Pictorial comparison of the nerve ultrasound capabilities with the use of different frequencies probes is presented.*

**Key words:** *ultrasound, microultrasound, very high-resolution ultrasound, ultra-high frequency ultrasound, ultrasound biomicroscopy.*

**Citation:** *Mitkov V.V., Mitkova M.D., Saltykova V.G. Microultrasound – new technologies, new capabilities. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2021; 1: 89–99.*

*<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99> (in Russian )*