

### Часть III. Ультразвуковое исследование в ревматологической практике

А.Б. Демина

ФГБУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой» РАМН, Москва

**Контакты:** Анастасия Борисовна Демина [deminaab@yandex.ru](mailto:deminaab@yandex.ru)

**Для ссылки:** Демина АБ. Часть III. Ультразвуковое исследование в ревматологической практике. Современная ревматология. 2013;(4):74–7.

#### Part III. Ultrasound in rheumatology practice

A.B. Demina

V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

**Contact:** Anastasia Borisovna Demina [deminaab@yandex.ru](mailto:deminaab@yandex.ru)

**For reference:** Demina AB. Part III. Ultrasound in rheumatology practice. Modern Rheumatology Journal. 2013;(4):74–7.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.14412/1996-7012-2013-2442>

История применения ультразвука для нужд человека уходит корнями в далекое прошлое. Догадку о том, что причиной безошибочного полета летучих мышей в темноте являются неслышимые человеческим ухом звуковые колебания, высказал в конце XVI в. итальянец Спаланцани. Однако для ее практического подтверждения понадобилось полтора столетия. Официальная история изучения ультразвука началась в 1880 г., когда выдающийся физик Пьер Кюри открыл явление прямого пьезоэффекта – появление на гранях кварцевой пластинки при ее сжатии электрических зарядов. Лишь в 1916 г. началось практическое использование ультразвукового устройства – на подводных лодках устанавливались первые ультразвуковые эхолоты для обнаружения кораблей противника. В 1929 г. российским исследователем С.Я. Соколовым были заложены основы ультразвуковой дефектоскопии в технике и промышленности (обнаружение скрытых дефектов в металлических изделиях, бетонных блоках и т. п.). Для этого создали специальные ультразвуковые устройства, послужившие впоследствии прототипами медицинских диагностических аппаратов [1].

В течение следующих 15–20 лет аппаратура значительно совершенствовалась, были созданы устройства с серой шкалой, дающие изображения с большим количеством деталей и тонкими градациями структуры, разрабатывались первые модели аппаратов быстрого сканирования (в реальном масштабе времени). Постепенно формировался облик современного ультразвукового диагностического аппарата, оснащенного большим количеством сменных датчиков, встроенными блоками для измерений, расчетов различных биологических параметров и системой компьютерной обработки изображения.

Началом использования метода ультразвуковой диагностики в ревматологии считается 1972 г., когда D.G. Mc Donald и G.R. Leorold [2] впервые продемонстрировали кисту Бейкера с помощью ультразвука. Его применение для обследования суставов позволило оценить не только костные структуры, но и мягкие ткани: синовиальную оболочку, мышцы, хрящи. Это дало возможность вместе с рентгенологическим исследованием получать более точную информацию о состоянии сустава. Основными достоинствами метода являются его доступность (более низкая стоимость по сравнению с МРТ) и безопасность (метод неинвазивный, не требу-

ет использования радиации), а также возможность применения для динамического наблюдения и оценки эффективности лечения [3, 4].

В настоящее время при изучении воспалительной активности суставов применяются в основном две методики – ультрасонография в В-режиме (серая шкала) и цветное доплеровское исследование. При использовании серой шкалы определяются утолщение синовиальной оболочки и наличие жидкости в полости сустава, оцениваются повреждения мягких тканей (сухожилий, мышц), а также состояние хряща и поверхности субхондральной кости [5–8]. Применение доплеровской методики для диагностики воспалительных изменений в суставах в последнее время также приобрело большое значение. Любые воспалительные процессы часто сопровождаются повышением уровня васкуляризации, поэтому обнаружение изменений кровотока дает очень ценную информацию в дополнение к ультразвуковому исследованию (УЗИ) в серой шкале. Первые сообщения о высокой информативности доплера в диагностике скелетно-мышечных заболеваний появились в середине 90-х годов прошлого века, когда J.S. Newman и соавт. [9] продемонстрировали усиление сигнала от участков тканей с признаками воспаления. В дальнейшем эта методика стала широко применяться для выявления воспалительного процесса в суставах, особенно в ранних стадиях, а появившаяся недавно возможность регистрации кровотока в мельчайших сосудах позволяет в динамике оценивать развитие болезни и эффективность лечения [10–16]. Однако в настоящее время широкое применение данного метода в ревматологической практике несколько ограничивается отсутствием стандартного протокола исследования, так как технология исследования у разных авторов значительно варьирует [3].

Для лучшей оценки степени патологического процесса в суставах и дальнейшего контроля терапии желательны использование стационарных УЗ-сканеров экспертного класса. Обязательными условиями качественного исследования являются наличие высокочастотных датчиков и возможность высокочувствительного (до 14 МГц) тканевого доплеровского сканирования [3, 4].

В ревматологии различные нозологические формы имеют свою этиологию. Так, для ревматоидного артрита (РА) ха-

рактерно образование паннуса, который приводит к суставной деструкции. Для заболеваний группы серонегативных спондилоартритов (СпА) патогенетической основой считается воспалительная энтезопатия, т. е. воспалительный процесс в месте прикрепления к кости сухожилий, связок, фиброзной части межпозвоночных дисков, капсул суставов, и как следствие — возникновение остеоита и синовита. Для группы микрокристаллических артритов характерно отложение в различных тканях, в том числе в суставах, кристаллов различных минеральных соединений. Из-за такого патогенетического разнообразия проявлений воспалительных изменений в суставах ультразвуковая картина при различных нозологических формах будет иметь свои особенности.

Например при РА, если учесть современную стратегию раннего начала интенсивной терапии заболевания, появилась необходимость в более ранней диагностике структурных изменений в суставах. Стандартное рентгенографическое исследование является необходимым звеном в диагностике и оценке прогрессирования данного заболевания. Однако рентгенография не выявляет изменений в ранних стадиях болезни [6, 17, 18]. По данным разных авторов, УЗИ дает возможность обнаружить очень ранние эрозии (<1 мм), визуализировать патологию хряща, определить толщину синовиальной оболочки, оценить с помощью цветового доплеровского картирования (ЦДК) наличие и степень синовиальной перфузии и в дальнейшем осуществлять мониторинг активности болезни [13, 19]. Наличие современных высокочастотных линейных датчиков позволяет сделать это в мелких суставах кистей и стоп, которые, как известно, первыми поражаются при РА [3, 6, 13, 20]. Костные эрозии, возникающие в кортикальном слое, являются одним из ранних признаков РА и имеют прогностическое значение. В различных исследованиях было установлено, что благодаря УЗИ можно выявлять эти эрозии [7, 10, 21]. При сравнении эффективности обзорной рентгенографии и УЗИ у пациентов с ранними стадиями РА эрозии выявлялись в 6,5 раза чаще по данным УЗИ, что в 7,5 раза чаще позволяло поставить диагноз раннего РА [7].

При РА неоваскуляризация является одним из ведущих механизмов образования паннуса, который в свою очередь приводит к эрозии кости. В связи с этим выявление участков гипervasкуляризации представляется важным моментом для более ранней диагностики заболевания и выбора дальнейшей тактики лечения при РА. В ряде исследований было показано, что УЗИ с использованием энергетического картирования позволяет диагностировать синовиты с большей чувствительностью, чем клиническое обследование [10, 22, 23]. Надо отметить, что в данной ситуации МРТ безусловно является более чувствительным и, возможно, удобным методом обследования, так как дает возможность проводить одномоментное исследование нескольких суставов в одном поле зрения, что значительно ускоряет исследование [6, 19–21]. Однако, как уже говорилось выше, МРТ-диагностика, являясь значительно более дорогостоящим методом, не всегда доступна.

Важный аспект при выборе современной терапии РА — не только ранняя диагностика воспалительных изменений в суставах, но и возможность динамического контроля в процессе лечения. Многие авторы доказывают эффективность различных видов терапии на основании УЗИ, проведенного до и после терапии. В отдельных исследованиях этим методом оценивали эффект локальной терапии [12, 24]. Было

показано, что внутрисуставные инъекции дают больший эффект под контролем ультразвука. Первое время энергетическое картирование доплеровских сигналов осуществлялось на основании субъективной оценки исследователя. Так, М. Stone и соавт. [25] с помощью этой методики обнаружили уменьшение количества отраженных доплеровских сигналов при энергетическом картировании в пястно-фаланговых суставах у пациентов с РА, получавших системную стероидную терапию.

Наиболее актуальным в последнее десятилетие энергетическое картирование стало в связи с возможностью оценки эффективности генно-инженерной биологической терапии (ГИБТ), в частности с использованием ингибиторов ФНО $\alpha$ . К настоящему времени было создано специальное программное обеспечение, позволяющее вести подсчет доплеровских сигналов от сосудов отдельно от фоновых серошкальных пикселей. Данная методика называется картированием кровотока и дает возможность объективной количественной оценки энергетического доплеровского исследования [3]. Рядом авторов была подтверждена обоснованность ее использования для оценки эффективности терапии различными генно-инженерными биологическими препаратами (ГИБП) наряду с клинико-лабораторным контролем [11, 14, 26–28].

При СпА основным объектом исследования являются места прикрепления сухожилий и связок к костным структурам, так называемые энтезисы. В последние годы активно обсуждается вопрос о развитии энтезитов у пациентов с ранним СпА и необходимости более интенсивной терапии в ранних стадиях болезни. Ультразвуковой метод, по данным некоторых исследователей, хорошо зарекомендовал себя в ранней диагностике этой патологии [29–32]. Наиболее доступными для исследования областями считаются места прикрепления ахиллова сухожилия к пяточной кости, прикрепления подошвенного апоневроза, некоторые авторы оценивают места прикрепления сухожилий к большому вертелу бедренной кости [3]. При исследовании указанных областей используются также серая шкала и ЦДК. С помощью серой шкалы при СпА изменения проявляются потерей нормальной организованной структуры сухожилия и его утолщением, оно становится гипэхогенным (за счет увеличения количества жидкости). Изменения также происходят на костной поверхности энтезиса: уже на ранних этапах развития воспаления можно обнаружить неровность костной поверхности (эрозии) и нежные периостальные костные разрастания (неоостеогенез). Эти находки являются ультразвуковым эквивалентом периостита, выявляемого при обычной рентгенографии [3]. С помощью ЦДК, как и при РА, можно определить степень воспалительного процесса, т. е. повышение васкуляризации в зоне воспаления. К настоящему времени проведено много исследований, подтверждающих возможность использования метода ультразвуковой диагностики для раннего выявления субклинических признаков воспалительного процесса при СпА [30–33]. Как и при РА, многие исследователи и практикующие врачи используют эти возможности для оценки эффективности назначения ГИБТ пациентам со СпА [34, 35]. Другими частыми находками при СпА являются бурситы, например, инфрапателлярный или преахиллярный [3].

У пациентов с хондрокальцинозом УЗИ выявляет кристаллические отложения в хряще, которые создают гиперэхо-

## О Б З О Р Ы

генную линейную структуру, параллельную костной поверхности [3, 36–40]. Подагрические кристаллы в суставной полости не видны, пока не произошла их кальцификация, которая также определяется как «двойной контур», что связано со способностью кристаллов моноурата натрия депонироваться на поверхности хряща [3, 37, 38]. Клиническое значение визуализации для диагностики микрокристаллических артропатий не доказано и должно подтверждаться

морфологически, но дает возможность ревматологу определить круг диагностического поиска.

Таким образом, УЗИ можно считать доступным и информативным методом как диагностики, так и для динамического наблюдения за течением болезни и лечением. Благодаря УЗИ возможна доклиническая диагностика патологических изменений в суставах, что позволяет начинать лечение в ранних стадиях заболевания.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. Т. 5. Под ред. Митькова ВВ, Садриковой ВА. Москва: Видар; 1999. С. 1503. [Klinicheskoe rukovodstvo po ul'trazvukovoy diagnostike. T. 5. Mit'kova VV, Sadrikovoy VA, editors. Moscow: Vidar; 1999. P. 1503.]
2. McDonald DG, Leopold GR. Ultrasound B-scanning in the differentiation of Baker's cyst and thrombophlebitis. *Br J Radiol.* 1972;45(538):729–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1259%2F0007-1285-45-538-729>.
3. МакНелли Ю. Ультразвуковые исследования костно-мышечной системы. Практическое руководство. Москва: Видар; 2007. С. 400. [MakNelli Yu. Ul'trazvukovye issledovaniya kostno-myshechnoy sistemy. Prakticheskoe rukovodstvo. Moscow: Vidar; 2007. P. 400.]
4. Волков АВ, Осипянц АВ. Ультрасонография в ревматологии: возможности применения и перспективы. *Научно-практическая ревматология.* 2010;4:36–42. [Volkov AV, Osipyants AV. Ul'trasonografiya v revmatologii: vozmozhnosti primeneniya i perspektivy. *Rheumatology Science and Practice.* 2010;4:36–42.]
5. Kane D, Grassi W, Sturrock R, Balint PV. Musculoskeletal ultrasound – a state-of-the-art review in rheumatology. Part 2: Clinical indications for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Rheumatology.* 2004;43(7):829–38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093%2Frheumatology%2Fkeh215>.
6. Backhaus M, Kamradt T, Sandrock D et al. Arthritis of the finger joints. A comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum.* 1999;42(6):1232–45.
7. Wakefield RJ, Gibbon WW, Conaghan PG et al. The value of sonography in the detection of bone erosions in patients with rheumatoid arthritis: a comparison with conventional radiography. *Arthritis Rheum.* 2000;43(12):2762–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002%2F1529-0131%28200012%2943%3A12%3C2762%3A%3AAID-ANR16%3E3.0.CO%3B2-%23>.
8. Grassi W, Salaffi F, Filippucci E. Ultrasound in rheumatology. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2005 Jun;19(3):467–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.berh.2005.01.002>.
9. Newman JS, Adler RS, Bude RO, Rubin JM. Detection of soft-tissue hyperemia: value of power Doppler sonography. *Am J Roentgenol.* 1994;163(2):385–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.2214%2Fajr.163.2.8037037>.
10. Iagnocco A, Epis O, Delle Sedie A et al. Ultrasound imaging for the rheumatologist. XVII. Role of colour Doppler and power Doppler. *Clin Exp Rheumatol.* 2008 Sep–Oct;26(5):759–62.
11. Naredo E, M?ller I, Cruz A et al. Power Doppler ultrasonographic monitoring of response to anti-tumor necrosis factor therapy in patients with rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* 2008 Aug;58(8):2248–56. DOI: 10.1002/art.23682.
12. Filippucci E, Farina A, Carotti M et al. Grey scale and power Doppler sonographic changes induced by intra-articular steroid injection treatment. *Ann Rheum Dis.* 2004 Jun;63(6):740–3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fard.2003.007971>.
13. Scire CA, Iagnocco A, Meenagh G et al. Ultrasound imaging for the rheumatologist XXXIII. Sonographic assessment of the foot in early arthritis patients. *Clin Exp Rheumatol.* 2011 May–Jun;29(3):465–9. Epub 2011 Jun 29.
14. Filippucci E, Iagnocco A, Salaffi F et al. Power Doppler sonography monitoring of synovial perfusion at the wrist joints in patients with rheumatoid arthritis treated with adalimumab. *Ann Rheum Dis.* 2006 Nov;65(11):1433–7. Epub 2006 Feb 27. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fard.2005.044628>.
15. Saleem B, Brown AK, Keen H et al. Should imaging be a component of rheumatoid arthritis remission criteria? A comparison between traditional and modified composite remission scores and imaging assessments. *Ann Rheum Dis.* 2011 May;70(5):792–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fard.2010.134445>.
16. Freeston JE, Wakefield RJ, Conaghan PG et al. A diagnostic algorithm for persistence of very early inflammatory arthritis: the utility of power Doppler ultrasound when added to conventional assessment tools. *Ann Rheum Dis.* 2010 Feb;69(2):417–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fard.2008.106658>.
17. Arend CF. Ultrasonography in rheumatoid arthritis: what rheumatologists should know. *Rev Bras Reumatol.* 2013 Feb;53(1):88–100.
18. Colebatch AN, Edwards CJ, Ostergaard M et al. EULAR recommendations for the use of imaging of the joints in the clinical management of rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 2013 Jun;72(6):804–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fannrheumdis-2012-203158>.
19. Zampogna G, Parodi M, Bartolini B et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the wrist in early arthritis. *Reumatismo.* 2008;60(4):254–9.
20. Navalho M, Resende C, Rodrigues AM et al. Bilateral evaluation of the hand and wrist in untreated early inflammatory arthritis: a comparative study of ultrasonography and magnetic resonance imaging. *J Rheumatol.* 2013 Aug;40(8):1282–92. DOI: <http://dx.doi.org/10.3899%2Fjrheum.120713>.
21. Baillet A, Gaujoux-Viala C, Mouterde G et al. Comparison of the efficacy of sonography, magnetic resonance imaging and conventional radiography for the detection of bone erosions in rheumatoid arthritis patients: a systematic review and meta-analysis. *Rheumatology.* 2011;50(6):1137–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093%2Frheumatology%2Fkeq437>.
22. Dougados M, Devauchelle-Pensec V, Ferlet JF et al. The ability of synovitis to predict structural damage in rheumatoid arthritis: a comparative study between clinical examination and ultrasound. *Ann Rheum Dis.* 2013 May;72(5):665–71. DOI: 10.1136/annrheumdis-2012-201469. Epub 2012 Jun 7.
23. Schmidt WA. Technology Insight: the role of color and power Doppler ultrasonography in rheumatology. *Nat Clin Pract Rheumatol.* 2007;3(1):35–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038%2Fncprheum0377>.
24. Terslev L, Torp-Pederson S, Qvistgaard E et al. Estimation of inflammation by Doppler ultrasound: quantitative changes after intra-articular treatment in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 2003;62(11):1049–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fard.62.11.1049>.
25. Stone M, Bergin D, Whelan B et al. Power Doppler ultrasound assessment of rheumatoid hand synovitis. *J Rheumatol.* 2001 Sep;28(9):1979–82.
26. Kamishima T, Fujieda Y, Atsumi T et al. Contrast-enhanced whole-body joint MRI in patients with unclassified arthritis who devel-

- op early rheumatoid arthritis within 2 years: feasibility study and correlation with MRI findings of the hands. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Oct;195(4):W287–92. DOI: 10.2214/AJR.09.4140.
27. Kamishima T, Sagawa A, Tanimura K et al. Semi-quantitative analysis of rheumatoid finger joint synovitis using power Doppler ultrasonography: when to perform follow-up study after treatment consisting mainly of antitumor necrosis factor alpha agent. *Skeletal Radiol*. 2010 May;39(5):457–65. DOI: 10.1007/s00256-009-0824-5. Epub 2009 Nov 20.
28. Backhaus TM, Ohrndorf S, Kellner H. The US7 score is sensitive to change in a large cohort of patients with rheumatoid arthritis over 12 months of therapy. *Ann Rheum Dis*. 2013 Jul;72(7):1163–9. DOI: 10.1136/annrheumdis-2012-201397. Epub 2012 Sep 6.
29. Filippucci E, Aydin SZ, Karadag O et al. Reliability of high-resolution ultrasonography in the assessment of Achilles tendon enthesopathy in seronegative spondyloarthropathies. *Ann Rheum Dis*. 2009 Dec;68(12):1850–5. DOI: 10.1136/ard.2008.096511. Epub 2009 Apr 8.
30. Hamdi W, Chelli-Bouaziz M, Ahmed MS et al. Correlations among clinical, radiographic, and sonographic scores for enthesitis in ankylosing spondylitis. *Joint Bone Spine*. 2011 May;78(3):270–4. DOI: 10.1016/j.jbspin.2010.09.010. Epub 2010 Oct 30.
31. Spadaro A, Iagnocco A, Perrotta FM et al. Clinical and ultrasonography assessment of peripheral enthesitis in ankylosing spondylitis. *Rheumatology (Oxford)*. 2011 Nov;50(11):2080–6. DOI: 10.1093/rheumatology/ker284. Epub 2011 Aug 28.
32. Freeston J, Coates L, Nam J et al. Is there sub-clinical synovitis in early psoriatic arthritis? A clinical comparison with grey scale and power Doppler ultrasound. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2013 Sep 10. DOI: 10.1002/acr.22158.
33. Gandjbakhch F, Terslev L, Joshua F et al.; OMERACT Ultrasound Task Force. Ultrasound in the evaluation of enthesitis: status and perspectives. *Arthritis Res Ther*. 2011;13(6):R188. DOI: 10.1186/ar3516. Epub 2011 Nov 17.
34. Aydin SZ, Karadag O, Filippucci E et al. Monitoring Achilles enthesitis in ankylosing spondylitis during TNF-alpha antagonist therapy: an ultrasound study. *Rheumatology (Oxford)*. 2010 Mar;49(3):578–82. DOI: 10.1093/rheumatology/kep410. Epub 2009 Dec 29.
35. De Agustin JJ, Moragues C, De Miguel E et al. A multicentre study on high-frequency ultrasound evaluation of the skin and joints in patients with psoriatic arthritis treated with infliximab. *Clin Exp Rheumatol*. 2012 Nov-Dec;30(6):879–85. Epub 2012 Dec 17.
36. Sakellariou G, Iagnocco A, Meenagh G et al. Ultrasound imaging for the rheumatologist XXXVII. Sonographic assessment of the hip in ankylosing spondylitis patients. *Clin Exp Rheumatol*. 2012 Jan-Feb;30(1):1–5. Epub 2012 Mar 6.
37. Naredo E, Uson J, Jimenez-Palop M et al. Ultrasound-detected musculoskeletal urate crystal deposition: which joints and what findings should be assessed for diagnosing gout? *Ann Rheum Dis*. 2013 May 24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136%2Fannrheumdis-2013-203487>.
38. Ottaviani S, Richette P, Allard A et al. Ultrasonography in gout: a case-control study. *Clin Exp Rheumatol*. 2012;30(4):499–504. Epub 2012 Aug 29.
39. Filippucci E, Riveros MG, Georgescu D et al. Hyaline cartilage involvement in patients with gout and calcium pyrophosphate deposition disease. An ultrasound study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2009 Feb;17(2):178–81. DOI: 10.1016/j.joca.2008.06.003. Epub 2008 Jul 26.
40. Filippucci E, Scire CA, Delle Sedie A et al. Ultrasound imaging for the rheumatologist. XXV. Sonographic assessment of the knee in patients with gout and calcium pyrophosphate deposition disease. *Clin Exp Rheumatol*. 2010;28(1):2–5.