УДК: 618.14-006.36:616-073.75:616.137.73-089

Юнусова Лолита Ринатовна – т.ф.д., профессор
Тошкент давлат тиббиёт университети (Тошкент, Ўзбекистон)
Мустафокулова Зарнигор Рахматовна – Ph.D., таянч докторант
Болалар онкологияси, гематологияси ва иммунологияси илмий-амалий тиббиёт маркази (Тошкент, Ўзбекистон)

БАЧАДОН МИОМАСИНИ ЭНДОВАСКУЛЯР ДАВОЛАШ САМАРАДОРЛИГИНИ ПРОГНОЗ ҚИЛИШДА МУЛЬТИПАРАМЕТРИК УЛЬТРАТОВУШ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСИ

Аннотация. *Бачадон миомаси аёллар репродуктив тизимининг энг кенг тарқалган хавфсиз касалликларидан бири бўлиб, беморларнинг ҳаёт сифатига сезиларли таъсир кўрсатади. Бачадон артерияларини эмболизация қилиш симптоматик бачадон миомасини даволашда самарали, кам инвазив ва органни сақлаб қолиш имконини берувчи усул ҳисобланади. Тадқиқот мақсади — бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлигини прогнозлашда мультипараметрик ультратовуш текширувининг имкониятларини баҳолаш. Тадқиқотга бачадон миомаси бўлган ва бачадон артерияларини эмболизация қилиш муолажаси ўтказилган 45 нафар бемор аёл киритилди. Даволашдан олдин кулранг шкала режими, рангли ва энергетик допплер картирлаш, спектрал допплерография ҳамда эластографияни ўз ичига олган комплекс ультратовуш текшируви ўтказилди. Миоматоз тугунларнинг морфологик хусусиятлари, ўлчами, жойлашуви, эхогенлиги, шакли, тузилиши, васкуляризация даражаси, резистентлик индекси ва чўққи систолик тезлик кўрсаткичлари, шунингдек, тўқималар қаттиқлигининг миқдорий параметрлари баҳоланди. Бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлиги миоматоз тугунларнинг морфологик, гемодинамик ва эластографик хусусиятлари мажмуи билан боғлиқ эканлиги аниқланди. Олинган натижалар мультипараметрик ультратовуш текширувидан бачадон миомасини комплекс операциядан олдинги баҳолаш ва эндоваскуляр даволаш самарадорлигини индивидуал прогнозлашда фойдаланиш истиқболли эканлигини кўрсатади.*

Калит сўзлар: *бачадон миомаси; бачадон артерияларини эмболизация қилиш; мультипараметрик ультратовуш текшируви; допплерография; эластография.*

Юнусова Лолита Ринатовна – д.м.н., профессор
Ташкентский государственный медицинский университет (Ташкент, Узбекистан)
Мустафокулова Зарнигор Рахматовна – Ph.D., базовый докторант
Научно-практический медицинский центр детской онкологии, гематологии и иммунологии (Ташкент, Узбекистан)

МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ МИОМЫ МАТКИ

Аннотация. *Миома матки является одним из наиболее распространённых доброкачественных заболеваний женской репродуктивной системы, существенно влияющим на качество жизни пациенток. Эмболизация маточных артерий (ЭМА) представляет собой эффективный малоинвазивный органосохраняющий метод лечения симптомной миомы матки. Цель исследования — оценить возможности мультипараметрического ультразвукового исследования в прогнозировании эффективности ЭМА. В исследование включены 45 пациенток с миомой матки, которым проведена ЭМА. До лечения выполняли комплексное ультразвуковое исследование с использованием серошкального режима, цветового и энергетического допплеровского картирования, спектральной допплерографии и эластографии. Оценивали морфологические характеристики миоматозных узлов, их размеры, локализацию, эхогенность, форму, структуру, степень васкуляризации, показатели RI и PSV, а также количественные параметры тканевой жёсткости. Установлено, что эффективность ЭМА ассоциировалась с совокупностью морфологических, гемодинамических и эластографических характеристик миоматозных узлов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения мультипараметрического ультразвукового исследования для комплексной предоперационной оценки и индивидуального прогнозирования эффективности эндоваскулярного лечения миомы матки.*

Ключевые слова: *миома матки; эмболизация маточных артерий; мультипараметрическое ультразвуковое исследование; допплерография; эластография.*

Yunusova Lalita Rinatovna – D.M.Sc., professor
Tashkent State Medical University (Tashkent, Uzbekistan)
Mustafokulova Zarnigor Rakhmatovna – postgraduate Ph.D. student,
Scientific and Practical Medical Center for Pediatric Oncology, Hematology and Immunology (Tashkent, Uzbekistan)

MULTIPARAMETRIC ULTRASOUND IMAGING FOR PREDICTING THE EFFICACY OF ENDOVASCULAR TREATMENT OF UTERINE FIBROIDS

Abstract. *Uterine fibroids are among the most common benign diseases of the female reproductive system and can significantly affect patients' quality of life. Uterine artery embolization is an effective, minimally invasive, uterus-preserving treatment for symptomatic uterine fibroids. The aim of this study was to assess the potential of multiparametric ultrasound imaging for predicting the effectiveness of uterine artery embolization. The study included 45 patients with uterine fibroids who underwent uterine artery embolization. Before treatment, a comprehensive ultrasound examination was performed using grayscale imaging, color and power Doppler mapping, spectral Doppler, and elastography. The morphological characteristics, size, location, echogenicity, shape, structure, degree of vascularization, resistive index and peak systolic velocity, as well as quantitative tissue stiffness parameters of the fibroid nodules were assessed. The effectiveness of uterine artery embolization was found to be associated with a combination of morphological, hemodynamic, and elastographic characteristics of uterine fibroids. The findings demonstrate the potential value of multiparametric ultrasound imaging for comprehensive preprocedural assessment and individualized prediction of the effectiveness of endovascular treatment of uterine fibroids.*

Keywords: *uterine fibroids; uterine artery embolization; multiparametric ultrasound imaging; Doppler ultrasound; elastography.*

Кириш. Бачадон миомаси аёллар репродуктив тизимининг энг кенг тарқалган хавфсиз ўсма касалликларидан бири бўлиб, муҳим тиббий-ижтимоий муаммо ҳисобланади. Касаллик аксарият ҳолларда белгиларсиз кечиши мумкин, бироқ клиник жиҳатдан намоён бўлган шаклларида кўпинча патологик бачадон қон кетишлари, сурункали оғриқ синдроми, камқонлик ва репродуктив функциянинг бузилиши билан кечади, бу эса аёлларнинг ҳаёт сифатини сезиларли даражада пасайтиради [1,2,3]. Клиник белгиларнинг намоён бўлиш даражаси нафақат миоматоз тугунларнинг мавжудлигига, балки уларнинг сони, ўлчами, жойлашуви, тузилмавий хусусиятлари ва қон билан таъминланиш хусусиятларига ҳам боғлиқ [4,5].

Ҳозирги кунда жарроҳлик усуллари билан бир қаторда бачадон миомасини даволашда аъзоларни сақлаб қолишга қаратилган кам инвазив технологиялар тобора кенг қўлланилмоқда[6]. Энг самарали эндоваскуляр усуллардан бири бачадон артерияларини эмболизация қилиш бўлиб, унинг таъсири миоматоз тугунларда қон оқимини мақсадли равишда камайтириш, кейинчалик ишемик ва дегенератив ўзгаришларни ривожлантириш ҳамда тугунлар ҳажмини кичрайтиришга асосланади [7,8]. Шу билан бирга, турли беморларда даволаш самарадорлиги сезиларли даражада фарқ қилиши мумкин. Айрим ҳолларда миоматоз тугунларнинг яққол регресси ва симптомларнинг барқарор камайиши кузатилса, бошқа ҳолатларда даволаш самараси етарли бўлмаслиги ёки қайта даволаш зарурати юзага келиши мумкин [9].Бу эндоваскуляр даволаш самарадорлигини аралашувдан олдин прогноз қилиш имконини берувчи объектив мезонларни излашнинг долзарблигини белгилайди [10].

Мазкур вазифани бартараф этишда тиббий визуализация усуллари алоҳида аҳамият касб этади. Анъанавий ультратовуш текшируви миоматоз тугунларнинг морфологик хусусиятларини баҳолаш имконини беради, бироқ стандарт кулранг шкаладаги текширув ҳар доим ҳам ўсма тўқимасини комплекс тавсифлаш ва унинг эмболизацияга эҳтимолий жавобини баҳолаш учун етарли бўлмайди [11]. Допплер технологияларидан фойдаланиш ўсма ичидаги ва периферик қон оқимининг хусусиятларини таҳлил қилиш орқали текширув имкониятларини кенгайтиради, эластография эса тўқималарнинг механик хусусиятлари ва уларнинг тузилмавий нотекислик даражаси ҳақида маълумот беради [12]. Магнит-резонанс томография эса, ўз навбатида, миоматоз тугунларнинг анатомик тузилиши, тўқимавий хусусиятлари, қон томирлар билан таъминланиш даражаси ва дегенерация белгиларига батафсил баҳо бериш имконини таъминлайди [13,14].

Шу муносабат билан нурли диагностика усулларининг турли имкониятларини бирлаштирувчи мультимодал ёндашувни қўллаш истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади. Миоматоз тугунларнинг морфологик, гемодинамик ва эластографик хусусиятларини комплекс баҳолаш бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлигининг индивидуал предикторларини аниқроқ белгилаш имконини бериши мумкин [15,16].Дастлабки визуализация параметрлари ва касалликнинг кейинги динамикаси ўртасидаги ўзаро боғлиқликни аниқлаш даволаш тактикасини танлашнинг асосланганлигини

ошириш, даволашдан олдинги режалаштиришни оптималлаштириш ҳамда беморларни олиб боришда персоналлаштирилган ёндашувни шакллантириш имконини беради [17,18].

Шундай қилиб, бачадон миомасида эндоваскуляр даволаш самарадорлиги ва клиник натижаларини олдиндан прогноз қилиш имконини берувчи мультимодал нурли визуализация усулларини ишлаб чиқиш, уларнинг диагностик ва прогностик аҳамиятини илмий жиҳатдан асослаш замонавий радиология ва гинекологиянинг долзарб илмий-амалий йўналишларидан бири ҳисобланади.

Тадқиқот мақсади - бачадон миомасида ультратовуш текшируви параметрлари мажмуасининг диагностик ва прогностик аҳамиятини ўрганиш, эндоваскуляр даволаш учун беморларни индивидуал танлаш мезонларини ишлаб чиқиш ҳамда органларни сақловчи даволаш самарадорлигини ошириш.

Материаллар ва усуллар. Бачадон артерияларини эмболизация қилишдан олдин барча беморларда кичик чаноқ аъзоларининг комплекс ультратовуш текшируви ўтказилди. Текширув жараёнида икки ўлчамли кулранг шкалали эхография, рангли ва энергетик допплер хариталаш, шунингдек, спектрал допплерография усулларидан фойдаланилди. Ультратовуш текшируви беморнинг анатомик хусусиятлари ҳамда миоматоз тугунларнинг жойлашувига қараб трансабдоминал ва трансвагинал усулларда амалга оширилди.

Эхографик текширув давомида миоматоз тугунларнинг сони, ўлчами, жойлашуви ва шакли, ички эхотузилиши, эхогенлиги, бир хиллиги, дегенератив ўзгаришлар ва некроз ўчоқларининг мавжудлиги, шунингдек, тугунларнинг қон билан таъминланиш хусусиятлари баҳоланди. Миоматоз тугунларнинг эндометрий, миометрий ва бачадоннинг сероз қаватига нисбатан анатомик муносабати аниқланди. Ҳар бир тугуннинг ўзаро перпендикуляр учта максимал ўлчами қайд этилди. Миоматоз тугун ҳажми қуйидаги формула асосида ҳисобланди:

V = 0,523 × D1 × D2 × D3,

бунда D1, D2 ва D3 — миоматоз тугуннинг ўзаро перпендикуляр учта ўлчами.

Миоматоз тугунларнинг гемодинамик хусусиятларини ўрганишга алоҳида эътибор қаратилди. Рангли допплер хариталаш ёрдамида қон оқими сигналининг мавжудлиги ва тарқалиши, шунингдек, тугун атрофи ҳамда унинг ички қисмидаги васкуляризация хусусиятлари таҳлил қилинди. Қон оқими интенсивлиги Adler шкаласи асосида баҳоланди. Олинган натижалар эндоваскуляр даволаш самарадорлигини башорат қилишда аҳамиятли бўлиши мумкин бўлган дастлабки визуализация кўрсаткичларини аниқлаш учун қўлланилди.

Эластография текшируви давомида миоматоз тугун тўқимасининг механик хусусиятлари баҳоланиб, унинг қаттиқлик кўрсаткичлари кПа бирлигида қайд этилди. Ўлчовлар тугуннинг бир нечта соҳаларида амалга оширилиб, кейинчалик ўртача қиймат ҳисоблаб чиқилди. Тугун тузилишида бир хил бўлмаган ёки дегенератив ўзгаришлар мавжуд бўлган ҳолатларда мазкур соҳаларнинг эластографик кўрсаткичлари алоҳида таҳлил қилинди.

Натижалар. Ультратовуш текшируви натижасида олинган барча кўрсаткичлар миоматоз тугунларнинг даволашдан олдинги индивидуал визуализация профилини шакллантириш учун умумлаштирилди. Кейинчалик мазкур параметрлар бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлиги билан ўзаро боғлиқлигини аниқлаш мақсадида таҳлил қилинди.

Жадвал 1.

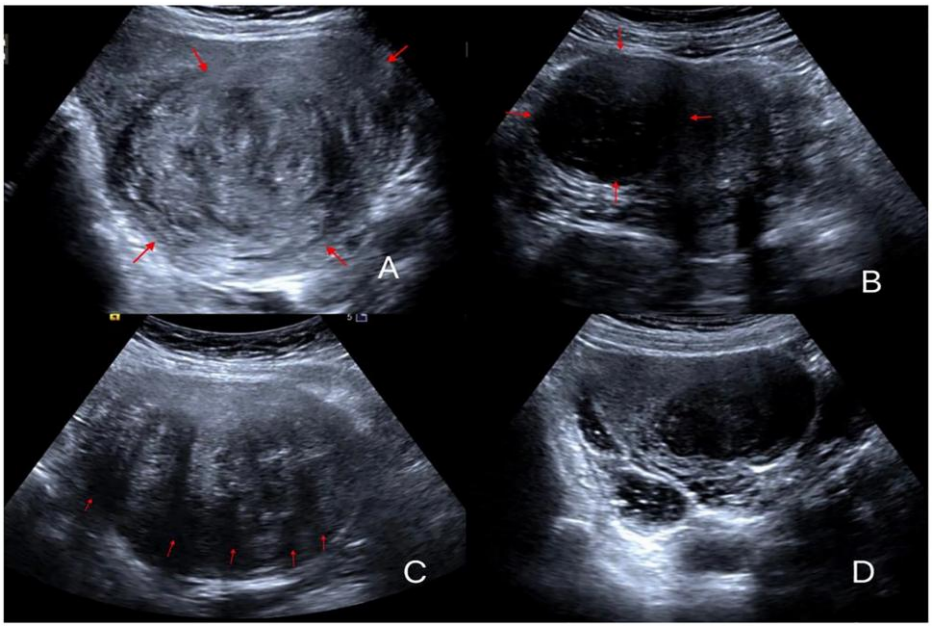
Ультратовуш текшируви жараёнида қуйидаги морфологик, гемодинамик ва эластографик кўрсаткичлар

№	**Кўрсаткичлар**	
1.	Миоматоз тугуннинг жойлашуви	бачадоннинг олдинги, орқа ёки ён девори, бачадон туби соҳаси.
2.	FIGO таснифи бўйича миома тури:	субмукоз тугунлар - FIGO 0–2; интрамурал тугунлар - FIGO 3–4; субсероз тугунлар - FIGO 5–6; аралаш тип - субмукоз ва субсероз жойлашув белгилари бир вақтда мавжуд бўлган тугунлар.
3.	Миоматоз тугуннинг ўлчами	ўзаро перпендикуляр учта асосий ўлчам ва улар асосида ҳисобланган тугун ҳажми
4.	Миоматоз тугунлар сони	якка ёки кўп сонли
5.	Тугуннинг шакли	юмалоқ, овал ёки нотўғри шаклли
6.	Эхогенлик хусусияти	гипоэхоген, изоэхоген, гиперэхоген ёки аралаш эхоструктурали
7.	Миоматоз тугуннинг ички тузилиши	гомоген, ногомоген

8.	Дегенератив ўзгаришлар мавжудлиги	кистоз, гиалинли ва бошқа турдаги дегенератив ўзгаришлар, шунингдек, қон томирлари аниқланмайдиган соҳаларнинг мавжудлиги
9.	Васкуляризация даражаси	периферик ва тугун ичидаги қон оқими хусусиятлари ҳамда унинг интенсивлиги Adler шкаласи асосида баҳоланди
10.	Гемодинамик кўрсаткичлар	миоматоз тугунни озиқлантирувчи томирларда резистентлик индекси ва максимал систолик тезлик аниқланди
11.	Эластографик кўрсаткичлар	миоматоз тўқиманинг қаттиқлик даражаси миқдорий жиҳатдан баҳоланиб, натижалар кПа бирлигида ифодаланди

Комплекс визуализация баҳоси миоматоз тугунларнинг морфологик, гемодинамик ва эластографик хусусиятларини биргаликда баҳолаш асосида шакллантирилди ва мазкур кўрсаткичларнинг бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлигини прогнозлашдаги аҳамияти ўрганилди (жадвал 1).

Статистик таҳлил IBM SPSS Statistics 26.0 дастури ёрдамида амалга оширилди. Миқдорий маълумотлар ўртача қиймат ва стандарт оғиш (M±SD), сифат кўрсаткичлари эса мутлақ қийматлар ва фоизларда ифодаланди. Визуализация параметрлари ва бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлиги ўртасидаги боғлиқликни баҳолаш учун корреляцион таҳлил ўтказилди. Гуруҳлар ўртасидаги фарқлар маълумотларнинг тақсимланиш хусусиятига қараб параметрик ёки нопараметрик статистик мезонлар ёрдамида баҳоланди. Фарқлар $p<0,05$ қийматда статистик аҳамиятли деб ҳисобланди.



Расм 1. **A. Юқори эхогенликка эга овал шаклдаги миоматоз тугун; B. Паст эхогенликка эга думалоқ шаклдаги миоматоз тугун; C. Яққол акустик сўниш тасмаларига (5 та тасма) эга миоматоз тугун; D. Паст эхогенликка эга ва акустик сўниш тасмалари кузатилмайдиган миоматоз тугун**

Жадвал 2.

Миоматоз тугунларнинг дастлабки ультратовуш хусусиятларининг бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлиги билан ўзаро боғлиқлиги

УТТ белги	Тоифа	n	ЭМА самарадорлиги, M±SD (%)	p
Эхогенлик	Гиперэхоген	24	82,4±9,6	0,041
	Гипо-/изоэхоген	21	71,8±11,3	
Шакли	Думалоқ	33	3,5±10,8	0,036
	Овал/нотўғри шаклли	12	83,7±8,9	
Жойлашуви	Олдинги девор	22	79,6±10,2	0,284
	Ён девор/бачадон туби	9	75,8±11,7	
	Орқа девор	14	76,4±12,1	
FIGO бўйича тури	Субмукоз	10	81,2±9,4	0,118
	Интрамурал	17	72,6±11,5	

	Субсероз	8	82,7±8,7	
	Аралаш	10	76,1±10,9	
Некротик ўзгаришлар	Мавжуд эмас	40	78,5±10,6	0,327
	Мавжуд	5	72,4±13,2	
Васкуляризация (Adler бўйича)	0–1 даража	16	82,1±9,3	0,018
	2 даража	19	79,4±9,8	
	3 даража	10	68,7±12,5	

Тадқиқотга бачадон миомаси ташхиси қўйилган ва бачадон артерияларини эмболизация қилиш муолажаси ўтказилган 45 нафар бемор аёл таҳлил қилинди (жадвал 2). Дастлабки ультратовуш хусусиятларини таҳлил қилиш натижасида ЭМА самарадорлиги гипо- ва изоэхоген миоматоз тугунларга нисбатан гиперэхоген тугунлари бўлган беморларда юқорироқ эканлиги аниқланди (82,4±9,6% га қарши 71,8±11,3%; p=0,041). Овал ёки нотўғри шаклдаги тугунларда ҳам думалоқ шаклдаги тугунларга нисбатан даволаш самарадорлиги юқорироқ бўлди (83,7±8,9% га қарши 73,5±10,8%; p=0,036). Миоматоз тугунларнинг жойлашуви ва FIGO таснифи бўйича турига қараб ЭМА самарадорлигида статистик жиҳатдан аҳамиятли фарқлар аниқланмади (p>0,05). Васкуляризация даражасини баҳолашда энг юқори ЭМА самарадорлиги Adler шкаласи бўйича 0–1 даражали қон оқимига эга тугунларда кузатилди, яққол васкуляризация (3-даража) мавжуд бўлган тугунларда эса даволаш самарадорлиги нисбатан паст бўлди (68,7±12,5%; p=0,018).

Ультратовуш текшируви натижалари ва унинг прогностик аҳамияти. Миоматоз тугунларнинг дастлабки ультратовуш хусусиятларини комплекс таҳлил қилиш натижасида эндоваскуляр даволаш самарадорлиги уларнинг бир қатор морфологик ва гемодинамик кўрсаткичлари билан узвий боғлиқ эканлиги аниқланди.

Миоматоз тугунларнинг эхоструктураси баҳоланганда, гипо- ва изоэхоген тугунларга нисбатан гиперэхоген тузилмаларга эга бўлган беморларда ЭМАдан кейинги ижобий динамика яққолроқ намоён бўлди (82,4±9,6% га қарши 71,8±11,3%; p=0,041). Шунингдек, миоматоз тугун шакли ва даволаш самарадорлиги ўртасида статистик жиҳатдан аҳамиятли боғлиқлик қайд этилди: овал ёки нотўғри шаклдаги тугунларга эга беморларда ЭМА самарадорлиги думалоқ шаклдаги тугунларга нисбатан юқорироқ бўлди (83,7±8,9% га қарши 73,5±10,8%; p=0,036).

Шу билан бирга, миоматоз тугунларнинг бачадоннинг турли қисмларида жойлашуви ўтказилган эндоваскуляр муолажа самарадорлигига статистик жиҳатдан аҳамиятли таъсир кўрсатмади (p=0,284). FIGO таснифига мувофиқ миома турларини таҳлил қилишда ҳам субмукоз, интрамурал, субсероз ва аралаш турдаги тугунлар ўртасида ишончли фарқлар аниқланмади (p=0,118). Тугунлар ичида некротик ёки дегенератив ўзгаришларнинг мавжудлиги ҳам ЭМА натижалари билан статистик жиҳатдан аҳамиятли боғлиқлик намоён қилмади (p=0,327).

Энг яққол боғлиқлик миоматоз тугунларнинг васкуляризация даражасини таҳлил қилишда кузатилди. Даволашнинг энг юқори самарадорлиги қон билан таъминланиш даражаси паст ва ўртача бўлган тугунларда қайд этилди. Аксинча, Adler шкаласи бўйича яққол ичи-тугун васкуляризациясига эга (3-даража) миоматоз тугунларда ЭМА самарадорлигининг пасайиш тенденцияси кузатилди. Хусусан, васкуляризациянинг 0–1 даражасида даволаш самарадорлиги 82,1±9,3%, 2-даражасида 79,4±9,8%, 3-даражасида эса 68,7±12,5% ни ташкил этди (p=0,018).

Хулосалар. Олинган натижалар миоматоз тугуннинг эхогенлиги, морфологик шакли ва васкуляризация даражаси бачадон артерияларини эмболизация қилиш самарадорлигини прогнозлашда потенциал предикторлар сифатида қаралиши мумкинлигини кўрсатди. Миоматоз тугунларнинг жойлашуви, FIGO бўйича тури ва некротик ўзгаришларнинг мавжудлиги билан даволаш самарадорлиги ўртасида ишончли боғлиқликнинг аниқланмаганлиги миомани баҳолашда унинг морфологик ва гемодинамик хусусиятларини комплекс тарзда таҳлил қилиш зарурлигини кўрсатади. Допплерографик параметрлар ҳамда эластографиянинг миқдорий кўрсаткичларини ягона мультипараметрик визуализация моделига киритиш эндоваскуляр даволаш натижаларини индивидуал прогнозлаш аниқлигини ошириш имконини бериши мумкин.

АДАБИЁТЛАР

1. Yang Q, Ciebiera M, Bariani MV, Ali M, Elkafas H, Boyer TG, et al. Comprehensive review of uterine fibroids: developmental origin, pathogenesis, and treatment. Endocrine Rev. (2022) 43:678–719. doi: 10.1210/endrev/bnab039

2. Kwas K, Nowakowska A, Fornalczyk A, Krzycka M, Nowak A, Wilczyński J, et al. Impact of contraception on uterine fibroids. Medicina. (2021) 57:717. doi: 10.3390/ medicina57070717

3. Cabras P, Auloge P, Bing F, Rao PP, Hoarau S, Dumont E, et al. A new versatile MR-guided high-intensity focused ultrasound (HIFU) device for the treatment of musculoskeletal tumors. Sci Rep. (2022) 12:9095. doi: 10.1038/s41598-022-13213-1

4. Lee JY, Chung HH, Kang SY, Park EJ, Park DH, Son K, et al. Portable ultrasoundguided high-intensity focused ultrasound with functions for safe and rapid ablation: prospective clinical trial for uterine fibroids-short-term and long-term results. Eur Radiol. (2020) 30:1554–63. doi: 10.1007/s00330-019-06468-2

5. Jeng CJ, Ou KY, Long CY, Chuang L, Ker CR. 500 cases of high-intensity focused ultrasound (HIFU) ablated uterine fibroids and adenomyosis. Taiwan J Obstet Gynecol. (2020) 59:865–71. doi: 10.1016/j.tjog.2020.09.013

6. Liu L, Wang T, Lei B. High-intensity focused ultrasound (HIFU) ablation versus surgical interventions for the treatment of symptomatic uterine fibroids: a metaanalysis. Eur Radiol. (2022) 32:1195–204. doi: 10.1007/s00330-021-08156-6

7. Liao D, Xiao Z, Lv F, Chen J, Qiu L. Non-contrast enhanced MRI for assessment of uterine fibroids' early response to ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound thermal ablation. Eur J Radiol. (2020) 122:108670. doi: 10.1016/j.ejrad.2019.108670

8. Wenjing Y, Yunqing B. The advantages of focused ultrasound ablation for uterine fibroids and the use of MRI in management. Int J Front Med. (2023) 5(9):122–8. doi: 10.25236/IJFM.2023.050920

9. Sainio T, Saunavaara J, Komar G, Mattila S, Otonkoski S, Joronen K, et al. Feasibility of apparent diffusion coefficient in predicting the technical outcome of MRguided high-intensity focused ultrasound treatment of uterine fibroids - a comparison with the Funaki classification. Int J HYPERTHERmia. (2021) 38:85–94. doi: 10.1080/ 02656736.2021.1874545

10. Figo Committee on Gynecologic Oncology. FIGO staging for uterine sarcomas. Int J Gynecol Obstet. (2009) 104:179. doi: 10.1016/j.ijgo.2008.12.009

11. Orsini LF, Salardi S, Pilu G, Bovicelli L, Cacciari E. Pelvic organs in premenarcheal girls: real-time ultrasonography. Radiology. (1984) 153:113–6. doi: 10.1148/radiology.153.1.6473771

12. Adler DD, Carson PL, Rubin JM, Quinn-Reid D. Doppler ultrasound color flow imaging in the study of breast cancer: preliminary findings. Ultrasound Med Biol. (1990) 16:553–9. doi: 10.1016/0301-5629(90)90020-D

13. Li F, Wang Z, Du Y, Ma P, Bai J, Wu F, et al. Study on therapeutic dosimetry of HIFU ablation tissue. Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi. (2006) 23:839–43.

14. Wang Y, Geng J, Bao H, Dong J, Shi J, Xi Q, et al. Comparative effectiveness and safety of high-intensity focused ultrasound for uterine fibroids: A systematic review and meta-analysis. Front Oncol. (2021) 11:600800. doi: 10.3389/fonc.2021.600800

15. Liu X, Mohamed A. Temperature control of the focal point offocused ultrasound excitation using neural network approach. In: 2021 IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (LAUS). IEEE (2021). p. 1–4.

16. deSouza NM, Gedroyc W, Rivens I, Haar GT. Tissue specific considerations in implementing high intensity focussed ultrasound under magnetic resonance imaging guidance. Front Oncol. (2022) 12:1037959. doi: 10.3389/fonc.2022.1037959

17. Cabezas N, López-Picazo A, Diaz P, Valero B, Rodriguez MJ, Redondo A, et al. How frequently benign uterine myomas appear suspicious for sarcoma as assessed by transvaginal ultrasound? Diagnostics (Basel). (2023) 13:501. doi: 10.3390/ diagnostics13030501

18. Wong CM, Chan SF, Wu WC, Suen CH, Yau HM, Wang DY, et al. Tunable high acoustic impedance alumina epoxy composite matching for high frequency ultrasound transducer. Ultrasonics. (2021) 116:106506. doi: 10.1016/j.ultras.2021.106506