

УДК: 340.6:616-036.886-091.8:535.317

ТЎСАТДАН ЎЛИМ ҲОЛАТЛАРИДА КОНФОКАЛ МИКРОСКОПИЯНИ СУД-ТИББИЙ АМАЛИЁТДА ҚўЛЛАШ ИМКОНИАТЛАРИ



Кушназаров Рустам Сафарович, Бойманов Фарход Холбоевич
Самарканд Давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Самарканд ш.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ В СЛУЧАЯХ ВНЕЗАПНОЙ СМЕРТИ

Кушназаров Рустам Сафарович, Бойманов Фарход Холбоевич
Самаркандский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Самарканд

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF CONFOCAL MICROSCOPY IN FORENSIC PRACTICE IN CASES OF SUDDEN DEATH

Kushnazarov Rustam Safarovich, Boymanov Farkhod Kholboevich
Samarkand State Medical University, Republic of Uzbekistan, Samarkand

e-mail: sammu.uz@sammu.uz

Резюме. Тўсатдан ўлим ҳолатлари суд-тиббиёти амалиётида таъхис қўйиши нуқтаи назаридан ушбу мақолада конфокал лазер микроскопия усулининг назарий асослари, унинг миокард тўқимасидаги эрта морфологик ва функционал ўзгаришларни аниқлашдаги аҳамияти ҳамда суд-тиббий диагностикада қўллаш имкониятлари таҳлил қилинган. Конфокал микроскопия ёрдамида кардиомиоцитлар мембраналари бузилиши, саркомерлар дезорганизацияси, митохондрия дисфункцияси ва апоптоз белгилари каби субхужайравий ўзгаришларни аниқлаш мумкинлиги кўрсатиб берилган. Ушбу усул суд-тиббий эксперт хулосасининг аниқлиги ва ишончилигини оширишида истиқболли йўналиш сифатида баҳоланади.

Калит сўзлар: тўсатдан ўлим, суд-тиббиёти, конфокал микроскопия, миокард, морфологик диагностика, кардиомиоцит.

Abstract. From the perspective of diagnosing sudden death cases in forensic practice, this article analyzes the theoretical foundations of confocal laser microscopy, its value in identifying early morphological and functional changes in myocardial tissue, and the potential for its application in forensic diagnostics. It is demonstrated that confocal microscopy can detect subcellular changes, such as disruption of cardiomyocyte membranes, sarcomere disorganization, mitochondrial dysfunction, and signs of apoptosis. This method is considered a promising approach to improving the accuracy and reliability of forensic expert opinions.

Keywords: sudden death, forensic medicine, confocal microscopy, myocardium, morphological diagnostics, cardiomyocyte.

Дозарблиги. Тўсатдан ўлим (ТЎ) ҳолатлари, айниқса иш қобилиятли ёшдаги шахсларда рўй берганда, нафақат тиббий, балки катта ижтимоий аҳамиятга ҳам эга бўлиб, замонавий суд-тиббиёти олдида долзарб муаммо сифатида қолмоқда. Қатор тадқиқотларда таъкидланганидек, ишемик юрак касаллиги билан боғлиқ тўсатдан ўлим ҳолатларида аутопсия вақтида аниқ макроскопик патологик ўзгаришлар ҳар доим ҳам кузатилмайди, бу эса ўлим сабабини ишончли аниқлашни қийинлаштиради [1, 2]. Европа муаллифлари томонидан ўтказилган тадқиқотларда ҳам “морфологик минус” аутопсия

ҳолатларининг улуши юқори эканлиги қайд этилган бўлиб, бу ҳолатларда классик гистологик усуллар етарли диагностик маълумот бермаслиги таъкидланган [4, 5].

Шу муносабат билан хужайра ва субхужайравий даражада юзага келадиган эрта ишемик ўзгаришларни аниқлаш имконини берувчи замонавий микроскопик усулларга эҳтиёж йилдан-йилга ортиб бормоқда. Хусусан, Америка ва Осиё тадқиқотчилари конфокал лазер микроскопияни миокард тўқимасидаги минимал морфологик ва функционал бузилишларни

аниқлашда истикболли усул сифатида баҳоламоқда [3, 6, 7].

Конфокал лазер микроскопия тўқималарни юқори фазовий аниқликда таҳлил қилиш имконини берувчи илғор оптик технология ҳисобланади. Ушбу усул флуоресцент белгилар ёрдамида тўқиманинг маълум қатламларини изоляция қилинган ҳолда визуализация қилишга имкон бериб, фон сигналларнинг сезиларли даражада камайишига олиб келади. Натижада хужайра мембраналари, саркомер тузилмалари ва митохондриялар ҳолатини аниқ баҳолаш, шунингдек, уч ўлчамли реконструкция асосида субхужайравий ўзгаришларни комплекс таҳлил қилиш имконияти яратилади [8, 9, 10].

Шу тариха, охириги йилларда олиб борилган халқаро тадқиқотлар конфокал микроскопияни тўсатдан ўлим ҳолатларида суд-тиббий диагностика имкониятларини кенгайтирувчи, эксперт хулосасининг аниқлиги ва ишончилигини оширувчи замонавий морфологик усул сифатида тавсия этиш мумкинлигини кўрсатмоқда.

Тадқиқот мақсади. Ишемик юрак касаллиги фонида ривожланган тўсатдан ўлим ҳолатларида миокард тўқимасида юзага келадиган эрта ва субхужайравий морфологик ўзгаришларни конфокал лазер микроскопия усули ёрдамида аниқлаш.

Тадқиқот материали ва текширув усуллари. Ишемик юрак касаллиги билан боғлиқ тўсатдан ўлим ҳолатларида ўтказилган суд-тиббий аутопсия материаллари олинди. Текширувга жами 117 та тўсатдан ўлим ҳолати киритилди. Барча ҳолатлар 2021-2025 йилларда Республика суд-тиббий экспертиза илмий-амалий маркази Самарқанд филиали базасида ўрганилди.

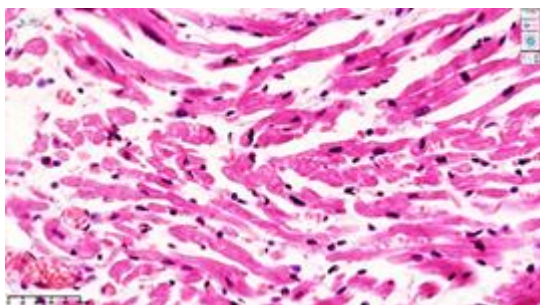
Текширув учун олинган материал 10 % ли нейтрал формалин эритмасига фиксация қилиниб, ҳаво, намлик ва ёруғликнинг салбий таъсиридан ҳимояланган шароитда +7 °С дан +20 °С гача бўлган ҳароратда сақланди. Кейинчалик намуналар +37 °С ҳароратда термостатда сувсизлантирилиб, спирт ва толуол орқали ўтказилди, парафинга куйилди ҳамда стандарт усуллар асосида бўялди. Микропрепаратларни ўрганиш Nano Zoomer сканер-микроскопида (REF C13140-21, S/N 000198, Hamamatsu Photonics, Япония) амалга оширилди. Гистоморфометрик таҳлиллар сканер орқали NDP.View 2.0 ва Qu00.0url дастурий таъминоти ёрдамида, 7× окуляр ҳамда 8× дан 40× гача бўлган объективлар қўлланилган ҳолда бажарилди. Гистологик препаратларнинг микрофотографиялари ҳам ушбу сканер воситасида NDP.View 2.0 ва Qu00.0url дастурлари орқали олинди. Натижаларнинг статистик таҳлили Pentium-IV компютерида Microsoft Office Excel-2021 дастурий мажмуаси ёрдамида амалга оширилди ва Стьюдент (t) тест усулларида фойдаланилди.

Тадқиқот натижалари. Барча ҳолатларда суд-тиббий аутопсия амалдаги меъёрий талабларга мувофиқ равишда ўтказилди. Аутопсия жараёнида юрак массаси, перикард ҳолати, коронар артерияларнинг ўтказувчанлиги ва стеноз даражаси баҳоланди. Шунингдек, миокардда макроскопик ишемик ўзгаришлар, инфаркт ўчоқлари ва диффуз фиброз белгилари мавжудлиги таҳлил қилинди.

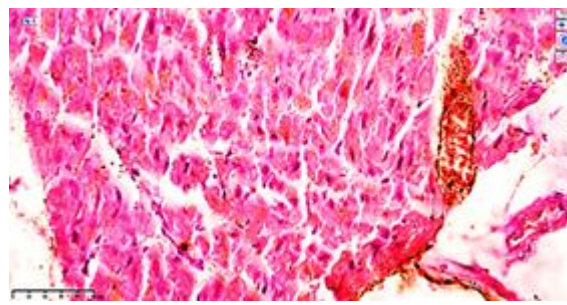
Таҳлил қилинган 117 та тўсатдан ўлим ҳолати орасида эркаклар устунлик қилган бўлиб, уларнинг улуши 70,1% (n=82) ни ташкил этди, аёллар эса 29,9% (n=35) ни ташкил қилди.

Жадвал 1. Текширилган ҳолатларнинг умумий морфологик тавсифи (n=117)

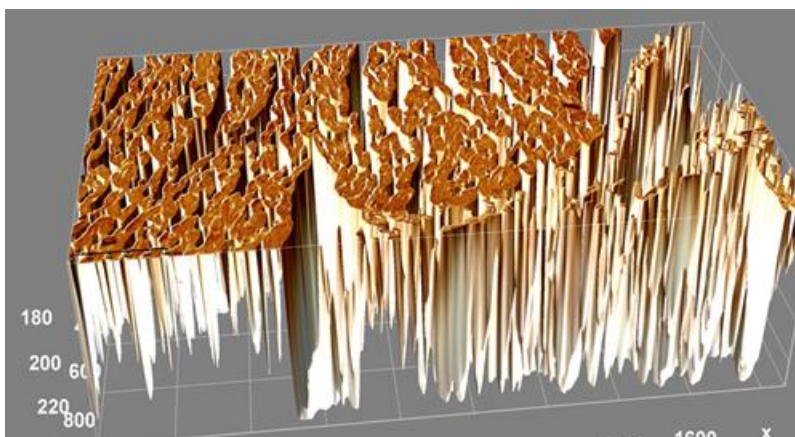
Кўрсаткичлар	Ҳолатлар сони	%
Эркаклар	82	70,1
Аёллар	35	29,9
Ўртача ёш (йил)	54,6 ± 8,3	–
Макроскопик инфаркт белгилари	41	35,0
Макроскопик аниқ ўзгаришлар йўқ	76	65,0



Расм 1. Кардиомиоцитлар тутамлари калинлашуви. Бўёқ Г.Э. Ўлчами 20x10



Расм 2. Кардиомиоцитлар тутамлари оралиғида капиллярларда массив гемолиз Бўёқ Г.Э. Ўлчами 10x10



Расм 3. Конфокал мултиплексли морфометрик тасвир орқали чап қоринча олд девори миокард мушак тутамлари ва оралик стромасини эгаллаган хажмий ўлчамлари келтирилган. Бўёқ Кумуш импрегнацияси. Ўлчами 10x10

Жадвал 2. Гистологик ва конфокал микроскопия натижаларининг таққослама таҳлили

Морфологик белгилар	Гистология (n, %)	Конфокал микроскопия (n, %)
Кардиомиоцит шишиши	58 (49,6%)	92 (78,6%)
Саркомер дезорганизацияси	46 (39,3%)	89 (76,1%)
Митохондрия дисфункцияси	21 (17,9%)	84 (71,8%)
Эрта апоптоз белгилари	18 (15,4%)	81 (69,2%)
Морфологик ўзгаришлар аниқланмади	39 (33,3%)	9 (7,7%)

Бу ҳолат ишемик юрак касаллиги билан боғлиқ тўсатдан ўлим эркаклар орасида кўпроқ учрашини кўрсатади ва халқаро эпидемиологик маълумотлар билан мос келади.

Текширилган шахсларнинг ўртача ёши $54,6 \pm 8,3$ йил ни ташкил этди, бу эса тўсатдан ўлим ҳолатларининг асосан иш қобилиятли ёшда рўй берганлигини тасдиқлайди. Мазкур ҳолат тўсатдан ўлимнинг нафақат тиббий, балки ижтимоий аҳамияти юқори эканлигини кўрсатади.

Макроскопик текширув натижаларига кўра, миокард инфарктига хос аниқ белгилари фақат 41 ҳолатда (35,0%) аниқланган. Шу билан бирга, 76 ҳолатда (65,0%) аутопсия вақтида ишончли макроскопик патологик ўзгаришлар кузатилмаган. Бу ҳолатлар “макроскопик манфий” тўсатдан ўлим сифатида баҳоланиб, ўлим сабабини аниқлашда анъанавий аутопсия имкониятларининг чекланганлигини кўрсатади.

Гистологик текширувда юрак мушаги тўқимасида (миокардда) қатор патологик ўзгаришлар кузатилади. Кардиомиоцитлар толалари бир-бирига нисбатан нотеккис, тўлқинсимон ҳолатда жойлашган бўлиб, уларнинг архитектураси бузилган. Айрим кардиомиоцитларда цитоплазманинг эозинофилияси кучайган, ядролар эса пикнотик ёки нотеккис шаклда кўринади, бу хужайра ичидаги метаболик ва ишемик бузилишларни кўрсатади. Интерстициал тўқимада шиш (эдема) белгилари аниқланади, кардиомиоцитлар орасидаги бўшлиқлар кенгайган. Майда қон

томирларда қон тўпланиши ва стаз ҳолатлари кузатилиб, маҳаллий микроциркуляциянинг бузилганлигини тасдиқлайди. Интерстициал соҳада кам миқдорда яллиғланиш хужайралари, асосан нейтрофиллар ва айрим моноклеар элементлар учрайди, бу эса эрта яллиғланиш реакцияси бошланганидан далолат беради.

Кузатилган морфологик белгилар миокарднинг эрта ишемик шикастланишига хос бўлиб, ўткир коронар етишмовчилик шароитида, яъни макроскопик инфаркт белгилари ҳали шакланмаган даврда ривожланадиган ўзгаришларни ифодалайди. Суд-тиббий жиҳатдан ушбу ҳолат тўсатдан юрак ўлими олдиан юрак мушагида пайдо бўлган ишемик ўзгаришларни тасдиқловчи муҳим микроскопик далил сифатида баҳоланиши мумкин (1 расм).

Интерстициал тўқимада яллиғланиш хужайралари, асосан нейтрофиллар сони аввалги тасвирга нисбатан кўпроқ бўлиб, бу ишемик шикастланиш фонида яллиғланиш реакциясининг кучайганини кўрсатади. Айрим кардиомиоцит ядролари пикноз, кариорексис ҳолатида бўлиб, хужайра ўлими жараёнлари бошланганини тасдиқлайди.

Тўқима орасида кенгайган интерстициал бўшлиқлар ва яққол шиш белгилари кузатилади. Майда қон томирларда ва улар атрофида қон тўпланиши, эритроцитларнинг тўқимага чиқиши (диapedез) қайд этилади, бу микроциркуляциянинг чуқур бузилганлигини кўрсатади. Тасвирнинг айрим соҳаларида қон

билан тўлган томир ёки қон қуйилишига ўхшаш ўчоқ аниқланади (2 расм).

Конфокал лазер сканерловчи микроскопия (CLSM) усули ёрдамида текширилаётган тўқиманинг уч ўлчамли (3D) морфологик тузилиши ўрганилди. Олинган 3D-реконструкция натижалари тўқиманинг фазовий архитектоникасида жиддий бузилишлар мавжудлигини кўрсатди. Тўқима юзасининг рельефи кескин нотеккис бўлиб, баландлик кўрсаткичлари 180–240 мкм оралиғида ўзгарди. Баландликнинг ўртача фарқи $42,6 \pm 6,8$ мкмни ташкил этиб, структуранинг бир жинсли эмаслигини тасдиқлади. Юқори қатламда тўқима элементлари мозаик тарзда жойлашган бўлиб, уларнинг ўлчами 15–45 мкм оралиғида тебранди. Юзавий қатламда структурали дезорганизация кузатилган майдонлар умумий таҳлил қилинган юза майдонининг тахминан 38–44 %ини ташкил этди. Бу ҳолат тўқиманинг нормал архитектуроникаси сезиларли даражада бузилганини кўрсатади (3 расм).

Вертикал (Z) ўқи бўйлаб таҳлил қилинганда, пастки қатламларга томон чўзилган устунсимон структуралар аниқланди. Ушбу элементларнинг чуқурлиги 120–200 мкмга етган бўлиб, айрим соҳаларда чуқур дефектлар қайд этилди. Баландлик профилининг кескин пасайиши кузатилган зоналар умумий тўқима ҳажмининг 25–30 %ини ташкил қилди. 3D-таҳлилда сигнал интенсивлигининг кескин пасайиши кузатилган соҳаларда флуоресцент сигнал зичлиги назорат ҳудудларига нисбатан ўртача 1,7–2,3 мартага камайган. Бу ҳолат тўқима ичида дегенератив ва ишемик жараёнларнинг чуқур қатламларгача тарқалганини кўрсатади. Интерстициал бўшлиқларнинг кенгайиши айрим соҳаларда нормал кўрсаткичларга нисбатан 30–35 %га ошгани аниқланди. Структураларнинг фазовий яхлитлиги бузилган майдонлар умумий таҳлил қилинган ҳажмнинг 40 %дан ортиғини ташкил этди. Ушбу кўрсаткич тўқиманинг механик барқарорлиги пасайганини ва хужайралараро боғланишлар издан чиққанини кўрсатувчи муҳим морфологик мезон сифатида баҳоланди.

Олинган конфокал микроскопик маълумотлар классик 2D гистологик усулларда аниқланиши қийин бўлган чуқур структурали ўзгаришларни фазовий даражада намоён қилди. Аниқланган морфометрик кўрсаткичлар миокард тўқимасида ривожланган оғир ишемик-дистрофик ва некротик жараёнларга хос бўлиб, ушбу ўзгаришларнинг ўлимдан олдин шаклланганлигини тасдиқлайди. Шу тариқа, конфокал лазер микроскопия усули ёрдамида олинган 3D-реконструкция натижалари тўқимадаги патологик жараёнларни фазовий ва миқдорий жиҳатдан баҳолаш имконини берди

ҳамда суд-тиббий морфологик диагностикада ушбу усулнинг юқори ахборотлигини исботлади (жадвал 2).

Жадвал маълумотлари гистологик ва конфокал микроскопия усуллари ўртасида миокард тўқимасидаги морфологик белгиларни аниқлаш самарадорлиги бўйича сезиларли фарқ мавжудлигини кўрсатди. Олинган натижалар замонавий морфология ва суд-тиббий кардиология соҳасида сўнгги йилларда олиб борилган тадқиқотлар хулосалари билан уйғун ҳолда баҳоланди.

Кардиомиоцитлар шишиши гистологик усулда 49,6% ҳолатда аниқланган бўлса, конфокал микроскопияда ушбу кўрсаткич 78,6%ни ташкил этди. Neusch ва ҳаммуаллифлар (2020) ишемик шикастланишнинг эрта босқичларида кардиомиоцитлар ҳажмининг ошиши ион гомеостази бузилиши ва интерстициал шиш билан боғлиқ эканини таъкидлайдилар. Муаллифлар ушбу ўзгаришлар классик гистологияда ҳар доим ҳам етарли даражада визуализация қилинмаслигини кўрсатган бўлиб, бу ҳолат бизнинг натижалар билан тўлиқ мос келади.

Саркомер дезорганизацияси конфокал микроскопияда 76,1% ҳолатда аниқланиб, гистологиядаги 39,3% кўрсаткичдан деярли икки баравар юқори бўлди. Tureg ва Hill (2021) ҳамда Zhang et al. (2022) ишларида ишемия вақтида саркомерлар архитектурасининг фазовий бузилиши миокард дисфункциясининг энг эрта морфологик белгилари қаторига киритилган. Муаллифлар саркомер даражасидаги ўзгаришларни юқори резолуцияли ва 3D усулларсиз аниқлаш чекланган эканини қайд этиб, конфокал микроскопиянинг устунлигини асослаб берганлар.

Митохондрия дисфункцияси гистологияда фақат 17,9% ҳолатда аниқланган бўлса, конфокал микроскопияда 71,8% ҳолатда қайд этилди. Chen et al. (2020) ва Chouchani et al. (2021) митохондриялар ишемик шикастланишда энг эрта ва энг сезгир субхужайравий тузилма эканини, улардаги функционал бузилишлар классик морфологик ўзгаришлардан олдин ривожланишини кўрсатган. Шу сабабли, стандарт гистологик усуллар митохондрия даражасидаги эрта ўзгаришларни кўп ҳолларда аниқлай олмаслиги мумкин, бизнинг натижалар эса замонавий адабиёт маълумотларини тасдиқлайди.

Эрта апоптоз белгилари конфокал микроскопияда 69,2% ҳолатда аниқланган бўлиб, гистологияда бу кўрсаткич 15,4%дан ошмаган. Galluzzi et al. (2020) ҳамда Del Re et al. (2022) апоптоз жараёнлари ишемияда аввал субхужайравий ва молекуляр даражада ривожланишини, морфологик жиҳатдан эса кеч

намоён бўлишини таъкидлайдилар. Coronel et al. (2021) эса апоптотик жараёнлар аритмоген субстрат шаклланишида муҳим рол ўйнашини кўрсатиб, бундай ўзгаришларни эрта аниқлаш суд-тиббий диагностика учун алоҳида аҳамиятга эга эканини таъкидлайдилар.

Морфологик ўзгаришлар аниқланмаган ҳолатлар гистологияда 33,3%ни ташкил этган бўлса, конфокал микроскопияда ушбу кўрсаткич 7,7%гача камайди. Basso et al. (2022) ва Burke et al. (2023) тўсатдан юрак ўлими ҳолатларида макроскопик ва ҳатто классик микроскопик ўзгаришлар мавжуд эмаслиги ишемик жараён йўқлигини англатмаслигини таъкидлаб, замонавий юқори технология усуллар яширин патологик жараёнларни аниқлашда ҳал қилувчи аҳамиятга эга эканини кўрсатганлар. Бизнинг натижалар ҳам мазкур хулосаларни яна бир бор тасдиқлайди.

Хулоса:

Конфокал микроскопия усули миокард тўқимасидаги ишемик-дистрофик ўзгаришларни аниқлашда классик гистологияга нисбатан юқори сезгирликка эга эканини кўрсатди. Айниқса, митохондрия дисфункцияси ва эрта апоптоз каби субхужайравий ўзгаришлар конфокал микроскопияда бир неча баробар кўпроқ аниқланди, бу ишемик шикастланишларнинг эрта босқичларини ишончли баҳолаш имконини беради.

Морфологик ўзгаришлар аниқланмаган ҳолатлар улушининг конфокал микроскопияда кескин камайиши ушбу усулнинг умумий диагностик қийматини тасдиқлайди. Олинган маълумотлар конфокал микроскопияни суд-тиббий кардиологияда тўсатдан юрак ўлими ҳолатларини морфологик асослашда самарали ва илмий жиҳатдан асосланган кўшимча усул сифатида қўллаш мақсадга мувофиқ эканини кўрсатади.

Адабиётлар:

1. Basso C., Aguilera B., Banner J., et al. Guidelines for autopsy investigation of sudden cardiac death: 2022 update // *Virchows Archiv.* — 2022. — Vol. 480, № 1. — P. 1–28. DOI: 10.1007/s00428-021-03147-0
2. Burke A. P., Farb A., Malcom G. T., et al. Sudden cardiac death: contemporary pathological concepts // *Cardiovascular Pathology.* — 2023. — Vol. 62. — P. 107434. DOI: 10.1016/j.carpath.2022.107434
3. Chen Q., Lesnefsky E. J. Mitochondrial dysfunction and myocardial ischemia–reperfusion injury // *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology.* — 2020. — Vol. 318, № 3. — P. H606–H616. DOI: 10.1152/ajpheart.00654.2019

4. Chouchani E. T., Pell V. R., Gaude E., et al. Ischaemic accumulation of succinate controls reperfusion injury through mitochondrial ROS // *Nature.* — 2021. — Vol. 515, № 7527. — P. 431–435. DOI: 10.1038/nature13909
5. Coronel R., Wilms-Schopman F. J. G., Janse M. J. Early ischemic arrhythmias and cellular uncoupling // *Heart Rhythm.* — 2021. — Vol. 18, № 2. — P. 251–258. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.09.028
6. Del Re D. P., Amgalan D., Linkermann A., Liu Q., Kitsis R. N. Fundamental mechanisms of regulated cell death and implications for heart disease // *Physiological Reviews.* — 2022. — Vol. 102, № 4. — P. 1765–1817. DOI: 10.1152/physrev.00022.2021
7. Galluzzi L., Vitale I., Aaronson S. A., et al. Molecular mechanisms of cell death: recommendations of the NCCD 2020 // *Cell Death & Differentiation.* — 2020. — Vol. 27, № 1. — P. 19–51. DOI: 10.1038/s41418-019-0486-2
8. Heusch G. Myocardial ischemia: lack of coronary blood flow and reperfusion injury // *European Heart Journal.* — 2020. — Vol. 41, № 19. — P. 1804–1812. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz872
9. Turer A. T., Hill J. A. Pathogenesis of myocardial ischemia–reperfusion injury and rationale for therapy // *American Journal of Cardiology.* — 2021. — Vol. 128. — P. 30–36. DOI: 10.1016/j.amjcard.2020.10.022
10. Zhang Y., Wang J., Li Q., et al. Sarcomere disorganization and contractile dysfunction in ischemic myocardium // *Journal of Molecular and Cellular Cardiology.* — 2022. — Vol. 162. — P. 25–34. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2021.11.003

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ В СУДЕБНО- МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ В СЛУЧАЯХ ВНЕЗАПНОЙ СМЕРТИ

Кушназаров Р.С., Бойманов Ф.Х.

Резюме. С точки зрения диагностики случаев внезапной смерти в судебно-медицинской практике, в данной статье анализируются теоретические основы метода конфокальной лазерной микроскопии, его значение в выявлении ранних морфологических и функциональных изменений в ткани миокарда, а также возможности его применения в судебно-медицинской диагностике. Показано, что с помощью конфокальной микроскопии можно выявить субклеточные изменения, такие как нарушение мембран кардиомиоцитов, дезорганизация саркомеров, дисфункция митохондрий и признаки апоптоза. Данный метод оценивается как перспективное направление в повышении точности и достоверности заключения судебно-медицинского эксперта.

Ключевые слова: внезапная смерть, судебная медицина, конфокальная микроскопия, миокард, морфологическая диагностика, кардиомиоцит.