

Асылбекова Ляида Рамазанқызының
8D07105 – «Биомедициналық инженерия» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
«Медицинада жергілікті әсер ету үшін Пельтье элементі негізінде
термоэлектрлік салқындату құрылғыларын жасау» тақырыбындағы
диссертациялық жұмысына

АНДАТПА

Жұмыстың тақырыбының өзектілігі. Қазіргі уақытта термоэлектрлік салқындату әдісі заманауи техниканың көптеген салаларында кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, радиоэлектроника, кванттық оптика, жоғары жиілікті техника, автономды және жаңартылатын энергия көздері, өлшеу құралдары және тұрмыстық техникаларда қолданылады. Термоэлектрлік әдістің басты артықшылықтары – жоғары сенімділігі, шағын өлшемдері, басқарудың қарапайымдылығы және жұмыс жылдамдығы болып табылады.

Соңғы жылдары бұл әдіс медицина саласында да өз орнын таба бастады. Әсіресе онкологиялық ауруларды емдеу кезінде туындайтын жанама әсерлердің бірі – алопецияны (шаштың түсуін) алдын алу мақсатында қолданыла бастады. Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің мәліметінше, елімізде жыл сайын 40 мыңға жуық жаңа онкологиялық ауру тіркеледі, ал 230 мыңнан астам науқас диспансерлік есепте тұр. Бұл көрсеткіштер мәселенің кең ауқымын көрсетеді.



1-сурет – 2020-2025 жылдарға арналған Қазақстандағы онкологиялық науқастар мен жаңа жағдайлардың динамикасы

1-суретте көрсетілгендей, Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің мәліметтері бойынша соңғы жылдары онкологиялық науқастар санының тұрақты өсу үрдісі байқалады: 2020 жылы 190 159-дан 2025 жылы 231 019-ға дейін, 21%-дан астам өсім. Сонымен қатар, жыл сайын 40 мыңға жуық жаңа

жағдай анықталады, бұл онкологиялық аурулардың жоғары таралуын және сырқаттанушылықтың одан әрі өсу қаупінің жалғасуын дәлелдейді [1].

Шаштың түсуі науқастардың өзін-өзі қабылдауына, әлеуметтік өміріне және емделуге деген ішкі ынтасына теріс әсер етуі мүмкін. Шаштың түсуі тыртықты және тыртықсыз болуы мүмкін. Бірінші жағдайда оның пайда болу себептері терінің және оның қосалқыларының өскіндері (ісіктері), терінің тыртықтануына әкелетін физикалық және химиялық әсерлер, бас терісінің инфекциялары (бактериялық, саңырауқұлақ, вирустық) болып табылады. Қатерлі ісікпен ауыратын науқастарда тыртықсыз алопецияның себептері шаш түйіншесінің бөлінетін жасушаларына дәрілік заттардың және иондаушы сәулелердің тежегіш әсері болып табылады. Екі жағдайда да бұл ауруларды емдеу қажет.

Қазіргі уақытта алопецияның алдын алу үшін дәрі-дәрмектер (андроген алмасуының тежегіштері, өсу факторларының стимуляторлары, гормоналды және гормоналды емес антиандрогендік препараттар, глюкокортикостероидтар, антиметаболиттер және иммуносупрессанттар, тромбоциттерге бай плазма, мезотерапия), хирургиялық (шаштың өсуі мен сапасы бұзылмаған жоғары аймақтардан шаш түйіншелерін автотрансплантациялау) және физиотерапиялық әдістер (дарсонвализация, ПУВА терапиясы, гальванизация, электрофорез, жарық терапиясы, жергілікті салқындату және криомассаж) қолданылады. Жоғарыда айтылғандардың ішінде арнайы салқындатқыш бас киімдер арқылы бастың түкті бөлігін салқындатуға негізделген әдіс үлкен назар аударуға лайық. Бұл әдіс техникалық құралдарды онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алу үшін қолдану көп жағдайда бас терісінің шаштарын қалпына келтіруді айтарлықтай жеделдетуі мүмкін. Жергілікті басты салқындатудың басты артықшылықтарының бірі гипоаллергенділік, емдеу шараларының қауіпсіздігі мен ыңғайлылығы және температураны бақылау мүмкіндігі болып табылады.

Осы орайда, химиотерапия кезінде бас терісін салқындату – алопецияның алдын алудың ең тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Бұл әдіс терінің жергілікті температурасын төмендету арқылы бас терісіндегі қан айналымын баяулатып, дәрілік заттардың шаш түйіншелеріне әсерін азайтады. Зерттеулерге сәйкес, бас терісін салқындатудың тиімділігі химиотерапияның түріне, науқастың физиологиялық ерекшеліктеріне және қолданылатын құрылғының техникалық сипаттамасына байланысты. Мысалы, антрациклинді химиотерапия кезінде шашты сақтау деңгейі шамамен 40%, таксандар қолданғанда – 70%-дан астам, ал гемцитабин монотерапиясында бұл көрсеткіш 100%-ға дейін жетуі мүмкін.

Техникалық тұрғыдан алғанда, қазіргі уақытта бастың түкті бөлігінің температурасының төмендетілуі жұмыс режимдерін басқаруға арналған тиісті құрылғылары бар желдеткіш қондырғыларды, сұйық салқындату жүйелерін, бу компрессиялық тоңазытқыш машиналарын пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі. Бұл түрдегі жабдықтардың кемшіліктері, бірінші жағдайда, бастың бетін қоршаған орта температурасынан төмен салқындату мүмкін еместігі және төмен тиімділігі, жұмыс кезінде пайда болатын шу, екінші жағдайда, сұйықтықты айдау үшін

компрессордың міндетті болуы, жылу әсерінің нақты мөлшерін қамтамасыз ету мүмкін еместігі, үшіншіден, технологиялық орындаудың көлемділігі мен құрделілігі болып табылады.

Мұндай жағдайларда бастың түкті бөлігінің температурасының төмендетілуіне арналған аппараттық құрал ретінде жоғары пайдалану сенімділігімен, шағын өлшемдерімен және жоғары экологиялық тазалығымен, шуылсыздығымен және ұзақ қызмет ету мерзімімен сипатталатын суық көзі стандартты термоэлектрлік Пельтье модульдері (ТЭМ) болып табылатын құрылғыларды пайдалану өзекті болып табылады.

Бұл ретте қазіргі уақытта осы бағытта салқындатқыш құрылғылардың аппараттық бөлігімен және олардың сипаттамаларын нақты жұмыс жағдайларына сәйкес оңтайландырумен байланысты зерттеулердің айтарлықтай жетіспеушілігі бар екенін атап өткен жөн. Бұл жағдай онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алуға арналған бастың түкті бөлігінің температурасының төмендетілуіне арналған стационарлық және далалық жағдайларда да қолдануға болатын термоэлектрлік құрылғыны (ТЭК) әзірлеуге және зерттеуге байланысты диссертациялық зерттеуді жүргізудің өзектілігін анықтайды.

Сонымен қатар, термоэлектрлік салқындату құрылғылары тек онкология саласында ғана емес, басқа да бағыттарда кеңінен қолданылуы мүмкін. Мысалы, мигрень мен невралгия кезінде ауырсынуды азайту, ота мен бас жарақаттарынан кейінгі оңалту үрдістерінде, спорттық медицинада – қарқынды жаттығулардан кейін жылдам қалпына келтіру үшін, косметологияда шашты нығайту мен бас терісінің күйін жақсарту мақсатында пайдаланылады. Сонымен қатар, жоғары температурада жұмыс істейтін мамандар, өрт сөндірушілер, әскери қызметкерлер үшін жылу стрессінен қорғаушы құрылғы ретінде қолдануға болады.

Осы айтылғандардың барлығы тақырыптың ғылыми, медициналық және әлеуметтік маңыздылығын айқындай түседі. Сондықтан, термоэлектрлік салқындату жүйелерін медициналық мақсатта, нақтырақ айтқанда онкологиялық науқастардың өмір сапасын арттыру үшін қолдану – өзекті әрі келешегі зор зерттеу бағыты болып табылады.

Зерттеу тақырыбының даму дәрежесі. Ісікке қарсы терапия нәтижесінде туындаған алопеция мәселесі соңғы онжылдықтарда медицина және биомедициналық инженерия салаларындағы зерттеушілердің назарын аударды. Атап айтқанда, шаштың түсуін болдырмау әдістерін әзірлеуге және жетілдіруге, оның ішінде бас терісін жергілікті салқындатуға айтарлықтай көңіл бөлінді. Бүгінгі күні жергілікті салқындату әдісі шаш түйіншелерінің белсенділігін төмендету арқылы химиотерапиядан туындаған алопеция қаупін азайтатын дәрілік емес әдістердің бірі ретінде танылды. Қолданыстағы бас терісін салқындатуға арналған техникалық құралдар негізінен сұйықтықпен салқындату жүйелері және желдеткіш қондырғылар түрінде ұсынылған. Дегенмен, бұл технологиялардың бірқатар елеулі шектеулері бар: көлемділік, стационарлық жұмыс жағдайларының қажеттілігі, шу деңгейінің жоғарылауы, температураны бақылаудың жеткіліксіз дәлдігі, сондай-ақ

клиникалық тәжірибеде ұзақ мерзімді пайдаланудың қолайсыздығы. Ғылыми және патенттік әдебиеттерде термоэлектрлік модульдерді, яғни Пельтье элементтерін медициналық салқындату құрылғыларында қолдануға арналған жеке басылымдар бар. Бұл элементтер ықшам өлшемдерімен, жоғары сенімділігімен, шусыз жұмыс істеуімен және температураны дәл реттеу мүмкіндігімен зерттеушілердің назарын аударады. Дегенмен, қолданыстағы әзірлемелердің көпшілігі клиникалық сынақтан өтпеген зертханалық үлгілерімен шектеледі. Осылайша, салқындату жүйелерін құру саласында белгілі бір ғылыми-техникалық жетістіктердің болуына қарамастан, бас терісін жергілікті салқындату үшін қалпақша түріндегі термоэлектрлік құрылғыларды пайдалану жеткіліксіз зерттелген сала болып қала береді. Бұл жоғары дәлдікпен, сенімділікпен және пайдалану ыңғайлылығымен жаңа термоэлектрлік құрылғыны әзірлеуге, модельдеуге, тәжірибелік сынауға және енгізуге бағытталған кешенді ғылыми зерттеуді қажет етеді.

Зерттеу нысаны бастың түкті бөлігінің жергілікті салқындату әдісімен онкологиялық науқастардың алопециясын алдын алуға арналған арнайы құрылымдағы термоэлектрлік құрылғы болып табылады.

Зерттеу пәні бастың түкті бөлігін жергілікті салқындатуға арналған термоэлектрлік құрылғыдағы жылу және электрлік үрдістерді, сондай-ақ онкологиялық науқастарда алопецияның алдын алудың тиімділігі мен сенімділігін арттыру мақсатында математикалық модельдеу және эксперименттік талдау әдістерін қамтиды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты жергілікті салқындатуды қолдану арқылы онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алуға арналған арнайы құрылымдағы портативті термоэлектрлік салқындатқыш құрылғыны жасау, құрылғының математикалық моделін құру және ондағы электрлік және жылу-физикалық үрдістерді зерттеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері. Қойылған мақсатты ескере отырып, диссертациялық жұмыс шеңберінде шешуді талап ететін ғылыми міндеттер айқындалады:

1. Медицинадағы жылу эффектілерінің, атап айтқанда энергияны түрлендірудің термоэлектрлік әдісіне негізделген қолданыстағы әдістер мен техникалық құралдарды сыни талдау.

2. Онкологиялық науқастарда алопецияны жергілікті салқындату әдісімен алдын алуға арналған термоэлектрлік құрылғының математикалық моделін құру.

3. Алынған нәтижелерді талдай отырып, құрастырылған математикалық модель бойынша сандық эксперимент жүргізу.

4. Құрылғының математикалық модельдеу және сандық эксперимент сатысында алынған оңтайлы шешімдер негізінде компьютерлік жобалау әдістерін қолданана отырып құрылғының тәжірибелік үлгісін (макетін) жасау.

5. Эксперименттік стендте қолданыстағы нормативтік құжаттар мен стандарттар негізінде әзірленген өлшеу әдістемесіне сәйкес салқындатқыш термоэлектрлік құрылғының макетінің натуралық сынақтарын жүргізу.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық жұмыста қойылған мәселелерді шешу

кезінде жүйелік тәсілдің принциптері, жылу алмасу үрдістерін математикалық модельдеу әдістері, математикалық статистика элементтері, дифференциалдық теңдеулер жүйесін есептеудің сандық әдістері, автоматты басқару теориясы, эксперименттік зерттеулер жүргізу және компьютерде өлшеу нәтижелерін өңдеу әдістемелері қолданылды.

Ғылыми жаңалығы:

1. Термоэлектрлік модульдің суық беттеріне мәжбүрлі ауа конвекциясын қолдану есебінен салқындату мүмкіндігін 273-тен 291,5 К-ге (0-18,5°C) дейінгі температура аралығында жоғары дәлдікпен беретіндігімен және термоэлектрлік модульдің ыстық беттерінен жылуды алып кету сұйықтықпен салқындату жүйесінің көмегімен жүзеге асырылатындығымен ерекшеленетін термоэлектрлік құрылғы негізінде жүзеге асырылған бастың түкті бөлігін жергілікті салқындату әдісі.

2. Өртүрлі жылу-физикалық параметрлері бар объектілердің болуын, екінші және үшінші типтегі орталардың шекараларында жылу алмасу жағдайларын, термоэлектрлік модульдердің энергетикалық және геометриялық параметрлерін ескеретін күрделі пішінді қабатты құрылым үшін жылу өткізгіштіктің екі өлшемді стационарлық емес мәселесін шешуге негізделгендігімен ерекшеленетін бас-термоэлектрлік құрылғы жүйесінде болып жатқан жылу-физикалық үрдістерді зерттеуге арналған математикалық модель.

3. Термоэлектрлік модульдер мен желдеткішті қамтитын салқындату блогынан, термоэлектрлік модульдердің ыстық беттерінен жылуды алып кетуге қолданылатын сұйықтықпен салқындату жүйесінен, құрылғының жұмысын бақылау блогынан және науқастың басына кигізілетін қалпақшадан (шлемнен) тұратындығымен ерекшеленетін жергілікті салқындату әдісімен онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алуға арналған термоэлектрлік құрылғының конструкциясы.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы термоэлектрлік модульдердің энергетикалық және геометриялық параметрлерін ескеретін күрделі пішінді қабатты құрылым үшін жылу өткізгіштіктің екі өлшемді стационарлық емес мәселесін шешуге негізделгендігімен ерекшеленетін бас-термоэлектрлік құрылғы жүйесінде болып жатқан жылу-физикалық үрдістерді зерттеуге арналған математикалық моделді құру болып табылады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы:

– алдын алу шараларының сенімділігін, тиімділігін және жайлылығын арттыруға мүмкіндік беретін жергілікті салқындату әдісімен онкологиялық науқастардың алопециясын алдын алуға арналған термоэлектрлік құрылғының құрылымдық нұсқаларының жасалуы;

– ғылыми-зерттеу нәтижелерін медициналық мекемелер мен жоғары оқу орындарына енгізу;

– жұмыс нәтижелерін тәжірибеде, ең алдымен медициналық ұйымдар мен мекемелерде пайдалану өзектілігі;

– термоэлектрлік құрылғыны практикада қолдану бойынша ұсыныстар.

Қорғауға ұсынылатын тұжырымдар:

1. Онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алу үшін термоэлектрлік модульдер мен желдеткішті қамтитын салқындату блогы, термомодульдердің ыстық беттерінен жылуды алып кетуге арналған су блогы, бастың қажетті салқындату деңгейін қамтамасыз ету тұрғысынан термоэлектрлік модульдердің жұмысын реттеуді жүзеге асыратын бақылау блогы кіретін термоэлектрлік құрылғы негізіндегі бастың түкті бөлігінің жергілікті салқындату әдісін пайдалану орынды болып табылады.

2. Жергілікті салқындату әдісімен онкологиялық науқастарда алопецияны алдын алу үшін термоэлектрлік құрылғының математикалық моделі әртүрлі жылу-физикалық параметрлері бар объектілердің болуын, екінші және үшінші тектес орталардың шекараларында жылу алмасу жағдайларын, термоэлектрлік модульдің энергетикалық және геометриялық параметрлерін ескеретін күрделі нысандағы қабатты құрылым үшін екі өлшемді стационарлық емес жылу өткізгіштік мәселесін шешу негізінде құрылған.

3. Бастың түкті бөлігін 273-тен 291,5 К-ге (0-18,5°C) дейінгі температура аралығында әзірленген термоэлектрлік құрылғының көмегімен салқындату үшін оның құрамында «Криотерм» ЖШҚ шығарған DRIFT-0,8 типті екі стандартты термоэлектрлік модульді қолдану қажет, олардың әрқайсысының сипаттамалары келесі шектерде: қуат диапазоны 20-дан 80 Вт-қа дейін, түйіспелер арасындағы орташа температура айырмашылығы 50 К, тұтынылатын қуат 100-ден 500 Вт-қа дейін және қоректендіру тогы 3-11 А, салқындату коэффициенті 0,1-ден 0,5-ке дейін өзгереді.

Жұмыс нәтижелерінің сенімділік дәрежесі қолданылған теориялық тәсілдердің негізділігімен, математикалық модельдеу нәтижелерінің натуралық эксперименттер деректеріне сәйкестігімен, сонымен қатар ғылыми журналдардағы жарияланымдармен зерттеудің негізгі қорытындыларын растаумен қамтамасыз етіледі.

Зерттеу нәтижелерін апробациялау. Диссертациялық жұмыстың ғылыми зерттеу нәтижелері бойынша 6 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде 2 мақала Scopus халықаралық дәйексөздер базасына енгізілген шетелдік басылымдарда, 2 мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынатын ғылыми басылымындарында жарияланды және де пайдалы модельдерге Қазақстан Республикасының 2 патенті алынды.